E. AISBERG

RADIOUL?... nimic mai simplu!

Scanned with OKEN Scanner

E. AISBERG
DIRECTOR AL REVISTELOR „TOUTE LA RADIO"
ŞI „TÉLÉVISION"

RADIOUL?...

Nimic mai simplu!

CUM SÎNT CONSTRUITE ŞI CUM FUNCŢIONEAZĂ RECEPTOARELE MODERNE DE RADIO

TRADUCERE DIN LIMBA FRANCEZĂ

EDITURA TEHNICĂ
BUCUREŞTI-1959

Scanned with OKEN Scanner

TRADUCEREA ÎN LIMBA ROMÎNĂ:
Prof. ing. EDMOND NICOLAU
Ing. HENRY ZALIȘ

E. AISBERG
LA RADIO?...
MAIS C'EST TRÈS SIMPLE!

SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO
9, RUE JACOB, PARIS-VIe
MCMLVII

Scanned with OKEN Scanner

Cui se adresează această carte!

Nici prin prezentare, nici prin conținut, această carte nu se aseamănă cu oricare alta.

La prima vedere s-ar părea că este vorba de o carte pentru copii. În realitate, „Radioul?... Nimic mai simplu!" se adresează *începătorilor și tehnicienilor de toate vîrstele.*

Începătorilor le prezintă o expunere, ușoară de înțeles, a legilor fundamentale ale radioelectricității și explicarea simplă a funcționării receptoarelor moderne. Cititorul n-are nevoie de cunoștințe preliminare de electricitate și de fizică. Noțiunile indispensabile din aceste domenii ale științei sînt prezentate în acele părți ale textului unde se consideră că sînt necesare pentru înțelegerea radioului.

Lectura atentă va permite începătorului să se inițieze fără dificultăți în pretinsele „mistere" ale radioelectricității, această tehnică mai pasionantă ca oricare alta și al cărei domeniu de aplicație se lărgește zilnic, făcîndu-ne să ne eliberăm definitiv de constrîngerile timpului și ale spațiului.

Dacă această carte este folositoare începătorului, ea nu va fi mai puțin folositoare tehnicianului preocupat de a pune ordine în ideile lui. Prin dezvoltarea sa rapidă, radioelectricitatea a produs în mintea celor ce se ocupă de ea o acumulare de idei disparate, care trebuie clasate înainte de a extrage din ele un sistem logic; în afară de aceasta, studiul manualelor clasice, ca și frecventarea școlilor superioare, dă despre cele mai multe fenomene ale radioului o idee cu mult prea matematică și abstractă.

În vederea „așezării ideilor" și a punerii lor într-o ordine rațională, tehnicianul va citi cu folos această carte, al cărei autor a fost în mod permanent condus de grija de a da o imagine fizică concretă fiecărui fenomen studiat.

Pentru a explica ceva pe înțelesul tuturor nu este de loc nevoie să faci vulgarizare, pentru a fi simplu nu sînt necesare explicații simpliste, iar pentru a fi serios nu este nevoie să fi plictisitor.

Autorul speră că a putut evita aceste trei pericole ale vulgarizării de proastă calitate. În explicațiile sale el s-a bazat în permanență pe teoriile în general admise de știința contemporană; de asemenea, s-a ferit cu perseverență de a „simplifica" în dauna adevărului.

Pentru a înlătura orice ariditate academică, el a adoptat forma convorbirilor, care fac cartea vie și ușoară de înțeles și îi

permite de a feri pe cititor de toate „cursele“ pe care le cunoaște din îndelungata sa practică în învățămînt.

Fără a pretinde titlul de „manual de construcție“, această carte nu este mai puțin folositoare celor ce vor să întreprindă montajul rațional al aparatelor de radio. Lăsînd în mod voit la o parte tot ce este învechit, autorul reușește să aducă cititorul la înțelegerea *celor mai noi principii* care fac parte din concepția despre receptoarele moderne. Pentru a atinge acest scop, fără a îngreuia în mod exagerat dimensiunile cărții... și mintea cititorului, autorul a trebuit să adopte o ordine de expunere puțin obișnuită și să evite orice „literatură“ de prisos. Astfel, contrar aparențelor, această carte constituie o expunere condensată, care se cuvine să fie citită pe îndelete, netrecînd la pagina următoare decît atunci cînd conținutul celei precedente a fost foarte bine însușit.

Dacă această carte va reuși să răspîndească cunoașterea și să dezvolte dragostea pentru radio, autorul se va considera fericit de a fi putut astfel să aducă modesta sa contribuție la răspîndirea acestei minunate științe.

Scanned with OKEN Scanner

NOTĂ IMPORTANTĂ

Primele ediții[1]) ale acestei lucrări au fost publicate fără modificări importante. Am fi putut proceda în același fel și cu următoarele, deoarece progresele recente ale radioului nu se referă decît la chestiuni de detaliu, fără a aduce elemente noi la noțiunile și teoriile esențiale care fac obiectul acestei cărți.

Cu toate acestea, condus de considerente de ordin didactic, autorul a găsit folositor ca după cele 20 de convorbiri, care alcătuiesc partea fundamentală a lucrării, să urmeze comentariile strînse la sfîrșitul volumului. Aceste comentarii urmăresc un dublu scop: de a adînci unele explicații și de a completa expunerea anumitor chestiuni.

Pentru ca aceste comentarii să fie cît mai folositoare este indicat ca după fiecare convorbire să se citească comentariul corespunzător.

Se poate adopta de asemenea și o altă metodă, și anume de a citi mai întîi toate convorbirile și apoi de a le reciti, însoțind cea de a doua lectură a fiecărei convorbiri de studiul comentariului corespunzător. Oricare ar fi metoda adoptată, comentariile vor permite cititorului de a revedea unele chestiuni, sub un aspect diferit, de a învăța detalii practice foarte folositoare și de a înainta astfel cu mai multă ușurință în studiul său asupra radioului.

O punere la zi completă a lucrării a fost făcută în 1956 pentru ediția a 22-a[1]), tirajul total al acestei cărți depășind 275 000 de exemplare.

---

[1]) Este vorba de edițiile apărute în limba franceză (*Nota Red. E.T.*).

PERSONAJELE:

Mai întîi, un băiat foarte drăguț, CURIOSUS, căruia, odinioară, noțiunile de radioelectricitate i-au fost predate de unchiul său, inginerul RADIOL. Autorul a relatat convorbirile lor într-o carte care a cunoscut un mare succes (ea a fost tradusă în 20 de limbi), dar care nu mai corespunde stadiului actual al tehnicii.

Astăzi CURIOSUS are 18 ani. El n-a pierdut nimic din curiozitatea sa de odinioară, nici din rîvna sa de tînăr. Este un radioamator experimentat, în stare să expună la rîndul său cu multă claritate teoria radioului. De altfel, încă din copilărie el era un băiat uimitor...

IGNOTUS?... Nu-l cunoașteți? Este întruchiparea neștiinței. Definitiv certat cu matematica, cunoaște de-abia primele noțiuni de fizică. El este veșnic împărțit între dorința de a învăța și frica de a nu înțelege. Dar să știți că, în ciuda celor 14 ani, el nu este prost. Departe de aceasta! De altfel, vă veți da seama de acest lucru chiar de la prima convorbire.

Scanned with OKEN Scanner

CONVORBIREA 1

În această convorbire sînt expuse noțiunile fundamentale ale electricității. Făcînd apel la teoria electronică, Curiosus reușește să prezinte lucrurile într-un mod foarte clar și care va ușura înțelegerea convorbirilor următoare.

Ignotus plutește în plin necunoscut

CURIOSUS: Ia loc, Ignotus, și lasă-mă să-ți explic scopul acestei convocări urgente. Sper că ție nu-ți este necunoscut faptul că eu am o nașă pe care o iubesc mult. Ieri m-a chemat să-i construiesc un aparat de radio. Dar, tu știi de asemenea că în acest moment eu sînt foarte ocupat cu pregătirea unor examene. Pot conta pe ajutorul tău la construirea acestui aparat?

IGNOTUS: Foarte bucuros... Numai că nu văd cu ce pot să-ți fiu de folos! Eu habar n-am de radio!

CURIOSUS: Radio-ul?... nimic mai simplu!... Îți voi explica lucrurile foarte ușor. Poftim, iată schema pe care am desenat-o pentru receptorul nașei (fig. 1).

IGNOTUS: Este al naibii de complicat!

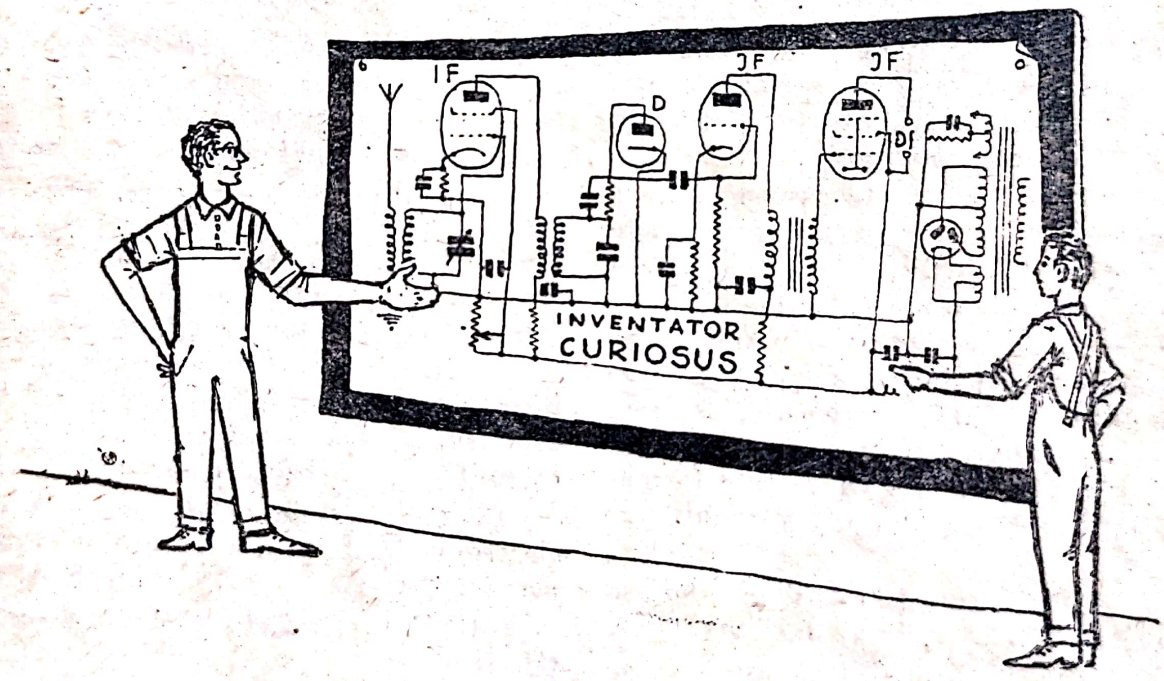


Fig. 1.

CURIOSUS: Iată lampa pe care am putut s-o cumpăr cu acontul pe care nașa mi l-a dat pentru cumpărarea materialului, căci ea îmi va avansa treptat fondurile necesare pentru procurarea pieselor.

IGNOTUS: Am impresia că lampa asta n-o să-ți servească la mare lucru. Balonul nu este de loc transparent și probabil va ilumina foarte rău.

CURIOSUS: Mare prostănac! Această lampă nu servește la iluminat. Este un tub electronic numit triodă amplificatoare cu încălzire indirectă.

IGNOTUS: Eu am să plec chiar acum dacă tu îți bați joc de mine întrebuințînd asemenea cuvinte barbare.

CURIOSUS: Așteaptă! Îți voi explica. Într-un tub, curentul trece de la catod, care este negativ, spre anod, care este pozitiv.

IGNOTUS: Din ce în ce mai bine. După tine curentul trece de la negativ la pozitiv. Dar încă de cînd eram copil eu am învățat contrariul. Cum vrei să mă mai descurc în asta?

Curiosus începe cu începutul

CURIOSUS: Hotărît, va trebui să încep prin a-ți explica primele noțiuni de electricitate. Îți este cel puțin cunoscut ce este un atom?

IGNOTUS: Da, este cea mai mică particulă a materiei și care, prin urmare, este indivizibilă.

CURIOSUS: M-am așteptat la asta!.. Să știi, deci, că dacă pe vremea cînd profesorul tău de fizică își dădea examenul de licență, se credea cu cea mai mare certitudine că atomul este indivizibil, astăzi se știe că el este format dintr-o cantitate de particule mult mai mici.

IGNOTUS: Care probabil se subdivid la rîndul lor în particule încă mai mici?

CURIOSUS: Probabil că așa vor învăța copiii noștri... cînd îi vom avea. Pînă atunci se consideră că atomul se compune din *electroni* și *protoni*. Electronii sînt sarcini elementare negative de electricitate. Protonii sînt sarcini elementare pozitive. Între electroni și protoni există o forță de atracție.

IGNOTUS: Ei sînt deci, într-un fel, înghesuiți unii în alții?

CURIOSUS: Nu, pentru că atît între electroni cît și între protoni există o forță de respingere. Rezultă că în atom forțele de respingere și de atracție se echilibrează cînd electronii gravitează (ca planetele în jurul Soarelui) în jurul unui nucleu (fig. 2), fără a mai socoti *neutronii* care n-au nici o sarcină electrică.

IGNOTUS: Este un adevărat sistem solar în miniatură!

CURIOSUS: Foarte adevărat. Observă acum că dacă într-un atom sînt tot

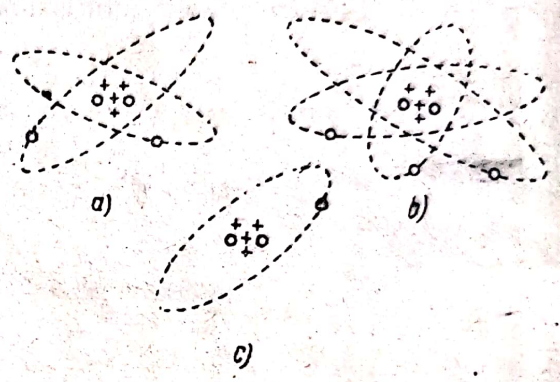


Fig. 2:
a — atom neutru; *b* — atom negativ; *c* — atom pozitiv.
Cruciulițele reprezintă protonii, iar cerculețele, electronii.

atîția electroni cît și protoni, atomul este neutru. Cînd sînt mai mulți electroni decît protoni, sarcina negativă este superioară sarcinii pozitive și atomul este *negativ*. În sfîrșit...

IGNOTUS: ...cînd sînt mai puțini electroni decît protoni, sarcina este *pozitivă*.

CURIOSUS: Perfect! Văd că ai înțeles.

Bunul simț tinde către echilibru

IGNOTUS: Eu aș voi, cu toate acestea, să știu cum un atom poate deveni pozitiv sau negativ.

CURIOSUS: Electronii care gravitează departe de nucleu sînt slab atrași de acesta. Dacă ei ajung în sfera de atracție a unui atom vecin cu lipsă de electroni, ei părăsesc propriul lor atom

pentru a completa sau echilibra atomul vecin.

IGNOTUS: Sînt ca japonezii...

CURIOSUS: Eu nu văd ce legătură au fiii Imperiului Soarelui Răsare...

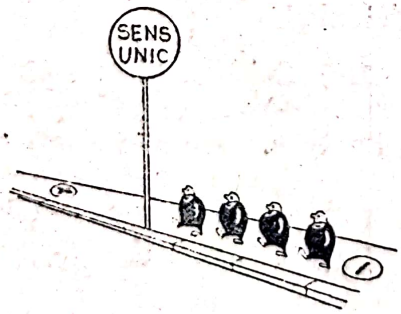
IGNOTUS: Ba da! Japonia fiind suprapopulată, ei emigrează spre țările cu o populație mai puțin densă.

CURIOSUS: Dacă dorești... În orice caz, reține că electronii vin de la atomii unde ei sînt numeroși, deci de la atomii negativi, spre atomii pozitivi. Astfel,

Fig. 3. Curentul electric este o migrație de electroni, care tind să restabilească un echilibru în repartizarea lor.

dacă printr-un mijloc oarecare tu ai face negativi atomii uneia din extremitățile unui fir metalic (cu plus de electroni) și pozitivi pe cei ai celeilalte extremități (cu lipsă de electroni), electronii vor sări de la un atom la altul și tot așa, razna prin toți atomii intermediari, pînă în momentul cînd se va restabili echilibrul. În ce sens vor merge electronii?

IGNOTUS: De la extremitatea negativă spre cea pozitivă.



CURIOSUS: Ei bine, această migrație de electroni, acest curent electronic, noi îl numim *curent electric*.

IGNOTUS: Formidabil!... Deci este adevărat, curentul merge de la negativ la pozitiv... și profesorul nostru ne-a spus...

CURIOSUS: El v-a vorbit numai de sensul convențional al curentului. Căci, pe vremea cînd s-a convenit să se adopte în mod arbitrar un sens al curentului electric, nu se cunoștea încă teoria electronică și, cum era de așteptat, s-au înșelat convenind să considere că el merge de la pozitiv la negativ. Dumneata vei mai întîlni încă această afirmație în multe lucrări publicate în timpul nostru. Amintește-ți numai că electronii vin de la negativ la pozitiv sau, cum se spune, de la „minus" la „plus".

6 000 000 000 000 000 000 electroni

IGNOTUS: Ai vorbit adineauri de un fir metalic. Eu știu bine că numai metalele permit trecerea curentului electric. Dar de ce aceasta?

CURIOSUS: Curentul trece de asemenea prin soluțiile acide și alcaline și prin cărbune. Toate aceste corpuri sînt *conducătoare*. Atomii lor conțin foarte mulți electroni care scapă de atracția nucleului. Dar există alte corpuri în care electronii sînt prea intim legați de nucleu ca să poată părăsi atomul. În aceste corpuri, numite *izolanți* sau *dielectrici*, evident că nu poate să se stabilească curentul electric. Dintre cei mai buni izolanți utilizați în radio eu îți voi cita cuarțul, ebonita, chihlimbarul, bachelita, sticla, materialele ceramice, parafina. Între izolanți și conductori se plasează materialele mai puțin conducătoare, cum este, de exemplu, lemnul umed (apa este aceea care asigură conductibilitatea).

IGNOTUS: Care este cel mai bun izolant?

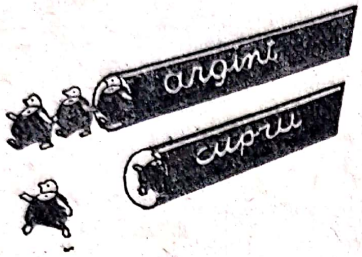
CURIOSUS: Aerul uscat.

IGNOTUS: Și cel mai bun conductor?

CURIOSUS: Argintul. Dar cuprul roșu este aproape tot atît de bun și cum el costă mult mai puțin se întrebuințează mai des.

IGNOTUS: Dar cum se știe că argintul este un conductor mai bun decît cuprul?

CURIOSUS: Pentru că, în aceleași condiții, un fir de argint va fi traversat



de un curent mai intens decît un fir de aceleași dimensiuni, dar din cupru.

IGNOTUS: Ce numești tu „intensitate de curent"?

CURIOSUS: Este numărul de electroni care participă la mișcarea pe care noi o numim curent electric.

IGNOTUS: Deci se poate vorbi de un curent cu intensitatea de 10 electroni sau de 1 000 de electroni?

CURIOSUS: Se poate. Dar, practic, intensitatea se măsoară în amperi. Un amper corespunde la trecerea a 6 000 000 000 000 000 000 electroni pe secundă. Îți spun aceasta ca cifră rotundă.

IGNOTUS: Mulțumesc!...

CURIOSUS: Se folosesc adesea submultiplii amperului: *miliamperul* (mA), egal cu 1/1 000 amper, și *microamperul* (μA), egal cu 1/1 000 000 amper. Este, după cum vezi, foarte simplu.

IGNOTUS: Din contra, totul este al naibii de complicat. Dar de ce depinde deci intensitatea curentului?

CURIOSUS: De tensiunea aplicată conductorului și de rezistența acestuia.

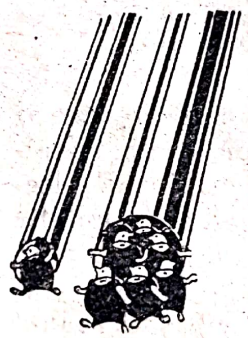
Cuvintele își schimbă înțelesul

IGNOTUS: Eu presupun că „tensiunea" și „rezistența" înseamnă în electricitate ceva special. Este ca cercul...

CURIOSUS: Cercul?

IGNOTUS: Da, da! Înainte de-a face cunoștință cu geometria eu știam foarte bine ce este un cerc. Dar după ce mi s-a spus că cercul este „locul geometric al tuturor punctelor care se găsesc la egală distanță de un punct dat" eu nu am mai înțeles nimic...

CURIOSUS: Ei bine! În electricitate, rezistența este proprietatea unui conductor de a opune... o rezistență, mai mare sau mai mică, la trecerea unui curent. Ea depinde de natura conductorului, cu alte cuvinte de numărul de electroni ușor de desprins din atomii săi. Ea depinde de asemenea de lungimea acestuia. Cu cît este mai lung, cu atît este mai mare rezistența sa. În sfîrșit, ea depinde de asemenea de secțiunea conductorului. Dacă secțiunea este mare, mai mulți electroni pot trece simultan și, prin urmare, rezistența este mai puțin mare[1]). Rezistența se măsoară în *ohmi* (Ω) și în milioane de ohmi sau *megohmi* (MΩ). Un ohm este egal, aproximativ, cu rezistența unui fir de cupru de 62 m cu o secțiune de 1 mm².



Considerații filozofice asupra relativității

IGNOTUS: Ce este *tensiunea*?

CURIOSUS: Tensiunea este, într-un fel, presiunea pe care o exercită asupra electronilor diferența de stare electrică a extremităților unui conductor.

---

[1]) O formulă? Iat-o. Rezistența R (în ohmi) depinde de lungimea L (în centimetri) și secțiunea S (în centimetri pătrați), după legea:

$$R = \rho \frac{L}{S}.$$

În această expresie ρ este un coeficient care depinde de natura conductorului și se numește „rezistență specifică" sau „rezistivitate" [și este exprimată aici în ohmi centimetri (Ω cm) — *N. Trad.*]

IGNOTUS: Este al naibii de complicat și foarte nebulos...

CURIOSUS: Ba nu, e foarte simplu. După cum ți-am spus, proporția de electroni și de protoni determină starea electrică sau *potențialul* unui atom. Presupune că ai doi atomi. În primul lipsesc trei electroni, în cel de al doilea lipsesc cinci.

IGNOTUS: Amîndoi sînt pozitivi. Și, dacă îndrăznesc s-o spun, al doilea este mai pozitiv ca primul.

CURIOSUS: Trebuie să îndrăznești, dacă aceasta se numește astfel. Mai mult chiar, cu toate că cei doi atomi sînt pozitivi, se poate spune că, raportat la al doilea, primul este negativ.

IGNOTUS: Așa, deci!... Este adevărat că în viață totul este relativ.

CURIOSUS: Chiar așa. Iată, între două persoane care amîndouă au bani, cea care nu are decît 1 000 lei este săracă în raport cu aceea care are 1 000 000 lei, dar bogată față de o a treia care n-are decît 10 000 lei datorii. În lumea atomilor, acela care are trei electroni mai puțin este negativ în raport cu acela care are zece electroni mai puțin și pozitiv în raport cu cel care are doi electroni mai mult. Acești trei atomi au potențiale diferite.

IGNOTUS: Și diferențele de potențial sînt măsurate prin diferența numărului de electroni?

CURIOSUS: S-ar putea și așa. Dar practic, *diferența de potențial* sau, ceea ce este același lucru, *tensiunea*, se măsoară în volți. Voltul este tensiunea care, aplicată la extremitățile unui conductor cu rezistența de 1 ohm, dă naștere unui curent cu intensitatea de 1 amper.

IGNOTUS: Astfel, dacă am înțeles bine, tensiunea este un fel de presiune electrică care împinge electronii de la un capăt la altul al conductorului?

CURIOSUS: Exact. Și vei ghici cu ușurință că, cu cît tensiunea este mai mare...

IGNOTUS: ...cu atît intensitatea curentului va fi mai mare.

CURIOSUS: Și, din contra, cu cît rezistența este mai mare...

IGNOTUS: ...cu atît intensitatea curentului va fi mai puțin mare.

CURIOSUS: Noi am ajuns astfel să redescoperim o lege fundamentală a electricității: *legea lui Ohm*. Se enunță, prescurtat, că intensitatea este egală cu tensiunea împărțită la rezistență[1]).

IGNOTUS: Eu am început să simt o adevărată salată în cutia mea craniană. Electroni, protoni, rezistență, ohm, volt, intensitate, amper, legea lui Ohm... Totul este al naibii de complicat.

CURIOSUS: Gîndește-te la acestea pînă la convorbirea noastră următoare și vei vedea că este foarte simplu.

---

[1]) Iată pentru matematicieni, această formulă clasică a legii lui Ohm:

$$I = \frac{U}{R},$$

unde: I este intensitatea curentului, în amperi;
U — tensiunea între extremitățile conductorului, în volți;
R — rezistența conductorului, în ohmi.

CONVORBIREA a 2-a

Ignotus nu știa nimic despre curentul alternativ, despre frecvența și perioada sa. Electromagnetismul îi era de asemenea necunoscut. După cea de-a doua convorbire el va ști ce este o lungime de undă, un electromagnet, un cîmp magnetic... El va putea, la fel de bine ca și Curiosus, să explice în ce constă fenomenul inducției... Căci, vedeți dumneavoastră, Ignotus este un copil foarte înzestrat...

Despre cîteva duceri și întoarceri

IGNOTUS: Ultima oară, Curiosus, mi-ai vorbit despre electroni, despre protoni, despre curentul electric... Într-un cuvînt, de toate în afară de radio!

CURIOSUS: Dar, dragul meu, în radio noi nu ne vom ocupa decît de curenții electrici și, înainte de toate, trebuie deci cunoscute legile simple care îi cîrmuiesc.

IGNOTUS: Și eu care credeam că radioul ar fi mai curînd o știință a undelor!...

CURIOSUS: Desigur, undele joacă un rol important. Ele sînt acelea care stabilesc, la distanță, legătura între antenele emițătoare și receptoare. Dar la emisie ele sînt produse de un curent alternativ de înaltă frecvență, care parcurge antena emițătoare, iar la recepție ele provoacă un curent asemănător, deși mai puțin intens, în antena de recepție.

IGNOTUS: Mergem bine! Mi-ai vorbit de „curent alternativ de înaltă frecvență" fără a te osteni să-mi explici înțelesul acestui termen.

CURIOSUS: Vezi deci cît este de necesar să înveți electricitatea înainte de a te avînta orbește în radio... Pînă acum noi n-am vorbit decît de curentul continuu, adică de acela care circulă totdeauna în același sens și cu o intensitate constantă.

IGNOTUS: Ca apa care curge dintr-un robinet deschis.

CURIOSUS: Dacă dorești... Dar presupune că o mașină electrică (alternator) sau alt dispozitiv face să se schimbe periodic polaritățile extremităților unui conductor. Astfel, fiecare extremitate devine periodic pozitivă, apoi potențialul său scade, trece prin zero și devine negativă. După ce a atins maximul negativ, se apropie iar de zero,

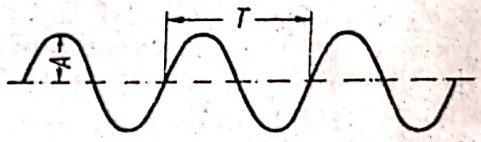


Fig. 4. Tensiune care produce curent alternativ:
A — amplitudine; T — perioadă.

devine pozitivă, crește, trece printr-un maximum numit *amplitudine* și totul reîncepe (fig. 4).

IGNOTUS: Aceasta se aseamănă cu un scrînciob care urcă, apoi coboară, trece prin poziția cea mai joasă, apoi urcă din nou dar de cealaltă parte etc...

CURIOSUS: Exemplul este bine ales. Tu ai înțeles că, curentul care va fi produs într-un conductor de o astfel de tensiune, numită alternativă, va fi și el alternativ, cu alte cuvinte își va schimba periodic sensul, iar intensitatea lui va varia proporțional cu variațiile tensiunii.

IGNOTUS: Deci, în curentul alternativ, dacă te-am înțeles bine, electronii vor efectua neîncetate duceri și întoarceri?

CURIOSUS: Da. Şi timpul cît durează un voiaj de ducere şi unul de întoarcere se numeşte perioadă.

IGNOTUS: E lungă o perioadă?

CURIOSUS: Se folosesc tot atît de bine curenţi a căror perioadă durează 0,02 secunde, ca şi curenţi cu o perioadă de 0,000 000 000 01 secunde. Totul depinde de *frecvenţa* curentului.

IGNOTUS: Ce înţelegi tu prin asta?

CURIOSUS: Se numeşte frecvenţă numărul de perioade pe secundă. Astfel, dacă perioada durează 1/50 dintr-o secundă, sînt 50 într-o secundă şi noi spunem că frecvenţa este egală cu 50 perioade pe secundă[1]).

În domeniul undelor

IGNOTUS: Acum încep să înţeleg ce ai spus adineauri despre curentul alternativ de înaltă frecvenţă.

CURIOSUS: Se numesc astfel curenţii a căror frecvenţă este de peste 10 000 perioade pe secundă. Astfel de curenţi, atunci cînd circulă printr-un conductor vertical, produc unde electromagnetice, care desprinzîndu-se de conductor se propagă sub formă de inele, a căror rază creşte cu viteza de 300 000 000 metri pe secundă.

IGNOTUS: Dar aceasta este viteza de propagare a luminii!

CURIOSUS: În adevăr. Şi aceasta se datoreşte faptului că lumina însăşi este o undă electromagnetică, dar cu lungimea de undă mult mai scurtă decît undele radioelectrice.

IGNOTUS: Ce numeşti tu, deci, lungime de undă?

CURIOSUS: Este distanţa dintre două inele electromagnetice care s-au desprins succesiv de antenă (conductorul vertical). La fiecare perioadă a curentului de înaltă frecvenţă se desprinde un inel. Astfel, în momentul cînd un al doilea inel se desprinde de antenă, primul a parcurs de acum o anumită distanţă (fig. 5), care este tocmai lungimea de undă şi care este egală cu...

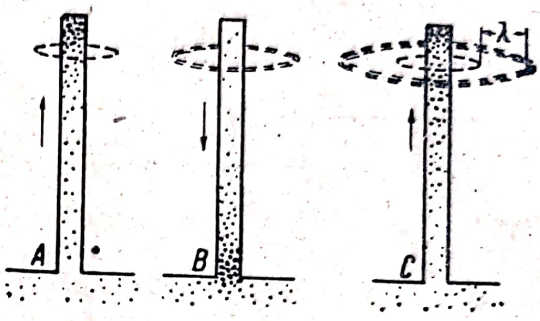


Fig. 5. Mişcarea electronilor în antenă şi formarea undelor.

IGNOTUS: ...viteza înmulţită cu timpul. Aici viteza este de 300 000 000 metri pe secundă şi timpul între două unde succesive este perioada curentului. Deci, lungimea de undă este egală cu viteza de propagare înmulţită cu perioada.

CURIOSUS: Felicitările mele! Se poate spune de asemenea că lungimea de undă este egală cu distanţa parcursă într-o secundă, împărţită la numărul de unde emise într-o secundă, adică la frecvenţă[1]).

IGNOTUS: Ca şi cei doi ştrengari pe care i-am văzut alergînd adineauri pe stradă.

CURIOSUS: ?...

IGNOTUS: Da, da! Unul, mare, cu picioarele lungi, şi celălalt mic de tot. Ei mergeau ţinîndu-se de mînă, deci cu aceeaşi viteză. Cel mare făcea paşi

---

[1]) Unitatea folosită în mod curent în tehnică este herţul (Hz), egal cu o perioadă pe secundă (*N. Trad.*).

[1]) Iată şi formulele... pentru cei cărora le plac. Notînd cu T perioada, cu f frecvenţa şi cu λ lungimea de undă, putem să stabilim următoarele relaţii:

$$f = \frac{1}{T}; \quad T = \frac{1}{f};$$

$$\lambda = 300\,000\,000\,T = \frac{300\,000\,000}{f}.$$

lungi, dar cu o cadență mai slabă decît cel mic, care alerga în trap alăturea. Aceasta dovedește, vezi tu, că cu cît lungimea de undă (lungimea unui pas)

este mai mare, cu atît frecvența (numărul de pași pe secundă) este mai mică și invers.

CURIOSUS: Comparația este justă.

Este vorba de lucruri neprevăzute

IGNOTUS: Este aici ceva ce mi se pare neclar. Ce sînt inelele acestea pe care tu le numești unde electromagnetice?

CURIOSUS: La drept vorbind, eu nu știu prea exact și cred că nici savanții nu sînt de acord asupra acestui lucru. Pot să-ți spun totuși că există, în jurul unui conductor parcurs de curent electric, un cîmp electromagnetic, adică o totalitate de forțe electrice (atracții și respingeri de electroni și de protoni, despre care ți-am vorbit ultima dată), și de asemenea o totalitate de forțe magnetice. Tu le poți pune în evidență pe acestea din urmă, apropiind de un conductor o busolă al cărei ac se va orienta perpendicular pe conductor.

IGNOTUS: Deci, este același lucru ca și cîmpul unui magnet?

CURIOSUS: Da, dar cu deosebirea că, la apropierea unui magnet, acul unei busole se întoarce spre el.

IGNOTUS: Ne putem oare folosi de un conductor parcurs de curent ca și de un magnet?

CURIOSUS: Da. Dar forța magnetică este foarte slabă. Pentru a o întări trebuie dispuși mai mulți conductori urmînd același drum, astfel încît cîmpul lor magnetic să se întărească reciproc.

IGNOTUS: Cum se face?

CURIOSUS: Practic este de ajuns de a înfășura un fir sub formă de bobină (fig. 6). Obținem astfel un *electromagnet*, care poate fi mult mai puternic decît un magnet natural. El mai poate fi prevăzut cu un miez de fier sau de oțel, care, concentrînd cîmpul magnetic, îi va întări intensitatea.

IGNOTUS: Polaritatea unui astfel de magnet depinde de sensul curentului?

CURIOSUS: Da. Dacă pentru un curent dat, un pol al electromagnetului atrage polul nord al acului unei busole,

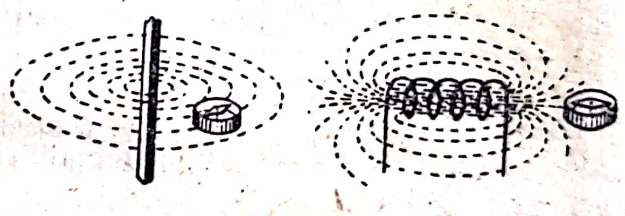


Fig. 6: Cîmpul magnetic al unui conductor liniar și al unei bobine.

inversînd curentul, electromagnetul va atrage polul sud. Cîmpul magnetic are un sens care depinde de sensul curentului care i-a dat naștere și fiecare variație a intensității sau a sensului curentului se traduce printr-o variație corespunzătoare a cîmpului magnetic.

IGNOTUS: Astfel, dacă te-am înțeles bine, undele electromagnetice nu sînt altceva decît cîmpuri care au părăsit corpul străbătut de curentul ce le-a dat naștere și care se plimbă în spațiu cu respectabila viteză de 300 000 000 metri pe secundă. Dar cum le recepționăm?

Fenomenele reversibile

CURIOSUS: Există în natură un număr foarte mare de fenomene numite „reversibile". Producerea cîmpului magnetic de către un curent este unul din acestea. Dacă un curent dă naştere unui cîmp, invers, un cîmp, sau mai exact *variaţiile* unui cîmp magnetic, produc un curent într-un conductor care se găseşte în acel cîmp.

IGNOTUS: Deci, în orice conductor aflat pe parcursul undelor electromagnetice, acestea vor da naştere unui curent?

CURIOSUS: Evident! Iată, în această tijă de metal care serveşte ca suport pentru pensula şi săpunul meu de bărbierit, există în acest moment o cantitate de curenţi de înaltă frecvenţă produşi de toate emiţătoarele care sînt acum în funcţiune.

IGNOTUS: Şi atunci cînd te bărbiereşti nu-ţi este teamă că ai să fii electrocutat?

CURIOSUS: Nu, căci aceşti curenţi sînt foarte slabi, avînd în vedere marea depărtare care ne desparte de diferitele emiţătoare, ale căror unde ajung aici cu un cîmp foarte slab.

IGNOTUS: Scuză-mă, dar toate acestea sînt al dracului de complicate.

CURIOSUS: Pentru a-ţi demonstra cît este de simplu, voi realiza în faţa ta o experienţă clasică. Iată aici două bobine pe care le-am cumpărat pentru aparatul de recepţie al naşei mele, iată de asemenea pila electrică de la lampa mea de buzunar şi aici un miliampermetru.

IGNOTUS: Ce este acesta?

CURIOSUS: Ai fi putut să ghiceşti. Este un instrument care serveşte la măsurarea intensităţii curentului. Am să leg pila la prima bobină şi miliampermetrul la cea de a doua (fig. 7) şi astfel am cuplat cele două bobine.

IGNOTUS: Ba nu! Ele nu sînt cuplate, pentru că este o distanţă între ele.

CURIOSUS: Te înşeli, amice. *Cuplajul* despre care este vorba este un cuplaj

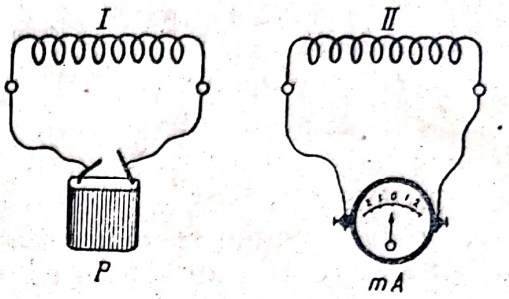


Fig. 7. Bobinele *I* şi *II* sînt cuplate prin inducţie:
P — pilă electrică; *mA* — miliampermetru.

electromagnetic. Cea de-a doua bobină se găseşte în cîmpul primei. De altfel, vei vedea aceasta numaidecît.

Deducţii asupra inducţiei

IGNOTUS: Eu totuşi cred că greşeşti; dacă cea de a doua bobină este în cîmpul celei dintîi, ar trebui să avem acolo de asemenea un curent, după cele ce mi-ai spus adineauri cu privire la producerea unui curent de către un cîmp. Or, acul miliampermetrului tău rămîne la zero.

CURIOSUS: Nu ţi-am spus că curentul este produs numai de *variaţiile cîmpului*! Or aici, prima bobină este parcursă de un curent continuu, deci cîmpul este constant şi nu există nici un motiv ca în cea de-a doua bobină să apară un curent.

Şi acum, atenţie! Dezleg (deconectez) pila de prima bobină.

IGNOTUS: Formidabil! Acul ampermetrului s-a mişcat la dreapta, arătînd un curent de scurtă durată.

CURIOSUS: Acest curent se datoreşte faptului că tocmai a dispărut cîmpul, ceea ce este o variaţie. Şi acum voi lega din nou pila.

IGNOTUS: Acul s-a mişcat, dar la stînga.

CURIOSUS: Aceasta pentru că ia naştere un cîmp, ceea ce este o variaţie de sens contrar celei dinainte. Dacă în loc de a lega şi a dezlega (a conecta şi a deconecta) o pilă electrică aş face ca prima bobină să fie parcursă de un curent alternativ...

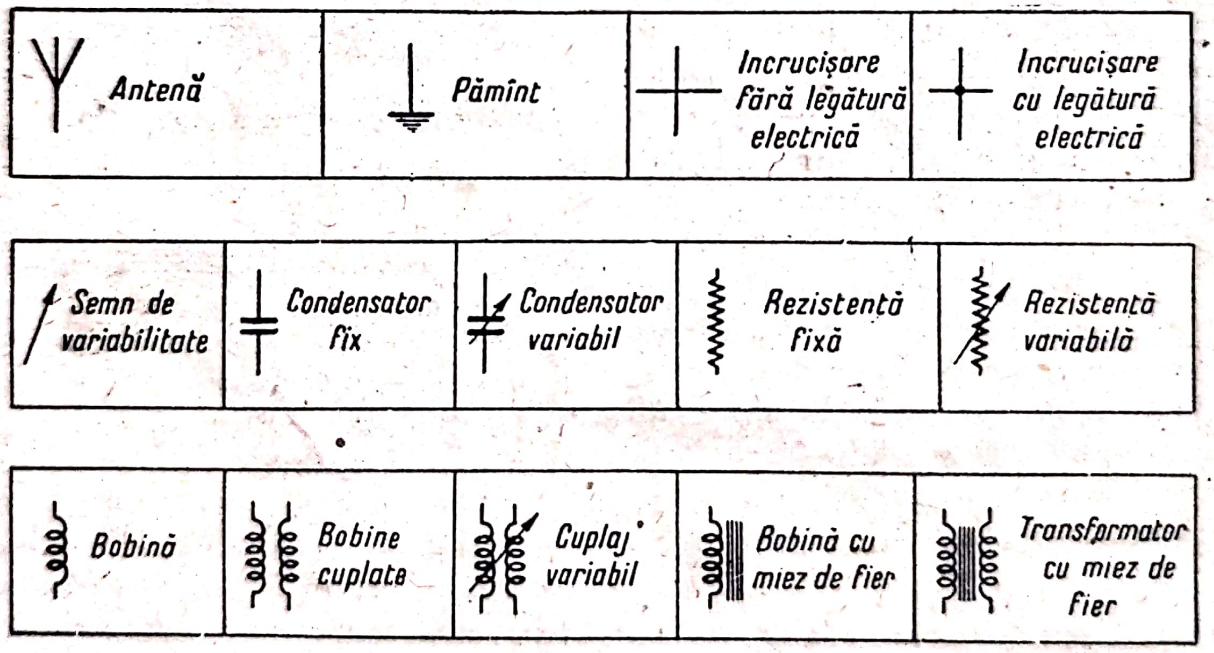
IGNOTUS: ...cîmpul ar varia mereu, şi în cea de-a doua bobină va apare de asemenea un curent alternativ.

CURIOSUS: Să ştii că acel curent care produce cîmpul se numeşte *curent inductor*, iar cel care este produs de către cîmp se numeşte *curent indus*. Fenomenul de producere de la distanţă a unui curent de către un altul se numeşte *inducţie electromagnetică*.

IGNOTUS: Într-un cuvînt, prima bobină eşti tu, iar cea de a doua sînt eu. Curentul cugetărilor tale, prin cîmpul sonor al cuvintelor pe care le rostești, induce în mine un curent de cugetări de aceeaşi formă. Şi noi facem inducţie?

CURIOSUS: Deducţiile tale sînt cît se poate de exacte!

Cîteva simboluri folosite în schemele de radiotehnică



CONVORBIREA a 3-a

Continuînd studiul fenomenelor de inducție, Curiosus îl pregătește pe Ignotus să redescopere inducția proprie, a cărei acțiune se opune trecerii curenților alternativi. Apoi, cu ajutorul analogiilor foarte explicite, cei doi prieteni vor examina proprietățile condensatoarelor. Analizînd diferiții factori de care depinde capacitatea, Ignotus va pune în relief propria sa putere de înțelegere.

Inducție = Contradicție

IGNOTUS: Eu am reflectat mult la cele ce mi-ai spus despre inducție. Am înțeles că o variație de curent într-o bobină produce un curent indus în cealaltă. Dar care sînt sensul și intensitatea curentului indus?

CURIOSUS: Trebuie să-ți spun că acest curent indus are un caracter foarte urît; el este totdeauna în contradicție cu curentul inductor. Cînd acesta din urmă este în creștere, curentul indus va merge în sens contrar.

IGNOTUS: Cu alte cuvinte, atunci cînd într-o bobină inductoare curentul circulă în sensul de mișcare al acelor de ceasornic, curentul indus va circula în sensul opus?

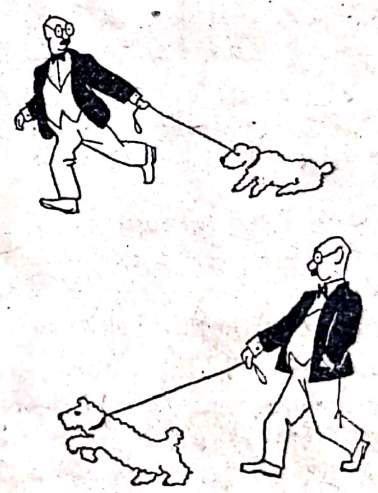
CURIOSUS: Întocmai! Și din contra, cînd curentul își micșorează intensitatea, curentul indus circulă în același sens, ca și cum el ar voi să se opună micșorării primului...

IGNOTUS: Ca și cîinele unchiului Iulius...

CURIOSUS: Iar vii cu o minciună gogonată!..

IGNOTUS: Nicidecum! Cîinele despre care îți spun este încăpățînat ca un catîr... Dimineața, cînd unchiul meu se dedică culturii fizice, el aleargă în jurul grădinii ținîndu-și cîinele de zgardă. La început, cînd el își iuțește mersul, cîinele îl trage înapoi și îl frînează violent. Apoi, cînd nemaiputînd răsufla unchiul Iulius vrea s-o domolească, animalul îl tîrăște să facă adevărate performanțe de viteză...

CURIOSUS: Am în mod vag impresia că această istorie a fost inventată pentru



nevoia cauzei. Ea dovedește totodată că tu ai înțeles fenomenul inducției. Poți adăuga că cu cît unchiul își iuțește sau își domolește mersul, cu atît mai mult se împotrivește cîinele său, căci intensitatea curentului indus este proporțională cu viteza variației curentului inductor și de asemenea cu intensitatea sa.

IGNOTUS: Se poate să fie o prostie ce spun, dar mi se pare că dacă o bobină induce un curent în spirele altei bobine mai mult sau mai puțin îndepărtată, ea trebuie cu atît mai mult să inducă un curent în propriile sale spire.

CURIOSUS: Dragul meu Ignotus, ai descoperit tocmai *inducția proprie* (self-

inducţia). Felicitările mele! De fapt, curentul indus apare şi în bobina parcursă de curentul inductor, unde el există laolaltă cu acesta din urmă şi se opune, cu spiritul său de contrazicere, variaţiilor sale.

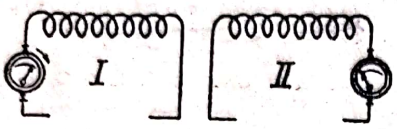


Fig. 8a. Cînd curentul creşte în bobina *I*, el induce în bobina *II* un curent de sens contrar.

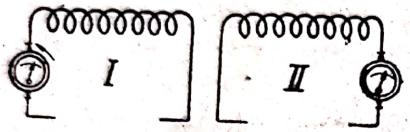


Fig. 8b. Cînd curentul scade în bobina *I*, el induce în bobina *II* un curent de acelaşi sens.

IGNOTUS: Este întocmai ca în romanele „psihologice", în care o „voce interioară" opune mereu argumentele sale pornirilor sentimentale ale eroului.

CURIOSUS: Ai face mai bine să citeşti un bun tratat de electricitate. Ai vedea astfel că inducţia proprie este comparabilă cu inerţia mecanică. Aşa cum inerţia se opune la punerea în mişcare a unui corp şi tinde să-l menţină în stare de mişcare o dată ce a fost pornit, inducţia proprie se opune la apariţia unui curent într-o bobină (curentul crescînd provoacă un curent indus de sens invers) şi tinde să menţină curentul existent atunci cînd acesta tinde să dispară (curentul care se micşorează induce un curent de acelaşi sens).

IGNOTUS: Deci, un curent alternativ, care-şi schimbă mereu intensitatea şi direcţia, întîmpină greutăţi la traversarea unei bobine?

CURIOSUS: Desigur, căci inducţia proprie opune o rezistenţă variaţiilor sale. Această rezistenţă a inducţiei proprii poartă numele de *reactanţă inductivă*. Nu trebuie s-o confundăm cu simpla rezistenţă „ohmică" a conductorului. Reactanţa depinde de inductanţa proprie a bobinei, cu alte cuvinte de acţiunea inductivă a fiecărei spire asupra celorlalte, şi de frecvenţa curentului.

IGNOTUS: Pentru ce oare?

CURIOSUS: Dar e foarte simplu! Cu cît frecvenţa este mai mare, cu atît variaţiile curentului sînt mai rapide şi, prin urmare, cu atît curenţii induşi sînt mai puternici şi se opun acestor variaţii.

IGNOTUS: Va să zică, pentru frecvenţele înalte, reactanţa unei bobine este mai mare decît pentru frecvenţele

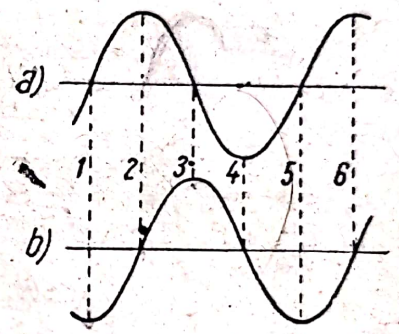


Fig. 9:
a — curent alternativ; *b* — curent indus de curentul alternativ din fig *a*;
1 — curentul inductor creşte foarte repede; curentul indus este de sens contrar; *2* — curentul inductor nu variază un scurt timp; curentul indus este nul; *3* — curentul inductor scade; curentul indus este de acelaşi sens; *4* — curentul inductor nu variază un scurt timp; curentul indus este nul.

joase? Este bine de ştiut, căci văd că devine al dracului de complicat.

CURIOSUS: Şi totuşi eu nu ţi-am spus încă nimic cu privire la condensatoare.

Să vorbim puţin despre condensatoare

IGNOTUS: Eu ştiu prea bine ce sînt. Le-am văzut în aparatele de radio. Ai spune că-i un aparat de tăiat legume (presse-purée), cu lame rotunde ieşind dintre lamele fixe...

CURIOSUS: Da. Acestea sînt condensatoarele variabile. Sînt acolo altele fixe, ale căror lame (sau „armături") rămîn imobile, aşa încît capacitatea lor rămîne constantă.

IGNOTUS: Capacitatea? Fără îndoială încă un termen care trebuie înțeles și învățat?

CURIOSUS: Vezi, amice, condensatorul este un lucru foarte simplu. Este un ansamblu de două conductoare izolate între ele, căruia i se aplică o tensiune oarecare.

IGNOTUS: Eu nu văd prea bine de ce două conductoare izolate între ele merită numele de condensator.

CURIOSUS: Un condensator se poate compara cu două rezervoare despărțite între ele de o membrană elastică de

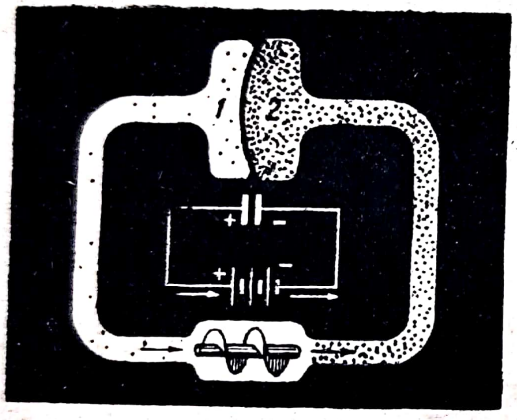


Fig. 10. Două rezervoare despărțite de o membrană elastică se aseamănă cu un condensator electric. Pompa care creează o diferență de presiune este analogă cu o pilă electrică ce creează o diferență de potențial.

cauciuc (fig. 10). O pompă acționată pentru un scurt timp creează între rezervoarele *1* și *2* o diferență de presiune.

IGNOTUS: Eu văd unde vrei să ajungi. Pompa este o pilă electrică. Rezervoarele reprezintă cele două armături ale condensatorului și diferența de presiune corespunde cu diferența de potențial.

CURIOSUS: Ai ghicit-o. Numai că, la fel cu toate analogiile, a mea nu merge decît pînă la un anumit punct. De fapt, dacă se vorbește de rezervoare umplute cu aer, noi vom avea în *2* mai multe molecule repartizate uniform în toate punctele, iar în *1* vom avea mai puține, repartiția lor fiind și aici omogenă.

IGNOTUS: Mi se pare că electronii, și ei, se vor repartiza în același fel.

CURIOSUS: În această privință te înșeli. Cum atomii armăturii *1* sînt pozitivi (lipsă de electroni!), ei vor chema prin peretele subțire despărțitor izolant, electronii armăturii *2*, astfel că aceștia se vor condensa în acea parte a armăturii *2* care se află în fața armăturii *1*. Această compresie a electronilor permite să se înmagazineze în armăturile condensatorului sarcini electrice mult mai importante decît cele pe care le-am fi putut acumula fără acest apel al atomilor pozitivi.

IGNOTUS: Deci, dacă am înțeles bine, proprietatea esențială a unui condensator este de a permite acumularea de sarcini electrice pe armăturile sale.

CURIOSUS: Da. Această proprietate se numește de altfel capacitatea unui condensator. După părerea ta, de ce depinde valoarea acesteia?

IGNOTUS: Eu cred că, mai întîi, capacitatea depinde de grosimea membranei. Cu cît este mai subțire, cu atît ea se poate încovoia mai mult și prin urmare va face loc moleculelor de gaz în rezervorul *2*.

CURIOSUS: Este adevărat. Pentru un condensator noi spunem că, capacitatea sa este invers proporțională cu distanța dintre armături. Dar, revenind la rezervoarele noastre, îți dai seama că, desigur, capacitatea depinde de asemenea și de natura membranei elastice.

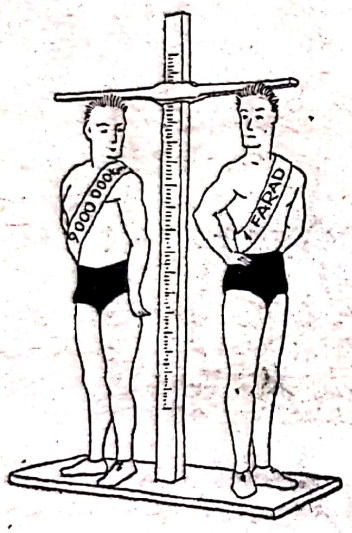
IGNOTUS: Bineînțeles. O membrană din cauciuc va fi mult mai elastică decît una făcută, de exemplu, din tinichea.

CURIOSUS: Prin urmare, capacitatea condensatorului depinde de asemenea de natura dielectricului care separă armăturile. Coeficientul numeric care

caracterizează aptitudinea mai mare sau mai mică a unui dielectric de a mări capacitatea se numeşte constanta sa dielectrică. Pentru aer s-a adoptat valoarea 1. În aceste condiţii, constanta dielectrică a micei este, de exemplu 8. Astfel, dacă într-un condensator cu aer de 10 microfarazi vei umple spaţiul dintre armături cu foi de mică, capacitatea se va mări pînă la 80 de microfarazi.

IGNOTUS: Capacitatea o măsurăm în microfarazi?

CURIOSUS: Unitatea de măsură a capacităţii este *faradul* (F). Dar pentru practică aceasta este o capacitate prea mare... Se folosesc deci submultiplii săi: microfaradul (μF), care este a milioana parte dintr-un farad, milimicrofaradul (mμF), numit şi nanofarad (nF), sau picofaradul (pF), care este a milioana parte dintr-un microfarad[1]).



[1]) În ţările anglo-saxone se mai foloseşte uneori, pentru măsura capacităţii, o altă unitate, numită centimetru (cm), care n-are în toate acestea nimic comun cu unitatea de lungime cu acelaşi nume. Un picofarad este egal cu 0,9 centimetri.

IGNOTUS: Este al dracului de complicat acest sistem. Dar pentru a reveni la factorii de care depinde capacitatea, mi se pare că ea mai depinde de suprafaţa membranei, căci cu cît este mai mare, cu atît mai mare este sfera de acţiune a atomilor pozitivi asupra electronilor[1]).

CURIOSUS: Într-adevăr, capacitatea este proporţională cu suprafaţa armăturilor.

IGNOTUS: Într-un cuvînt, pentru a mări capacitatea unui condensator, se poate fie să mărim suprafaţa armăturilor, fie să le apropiem una de alta. Astfel, eu cred că se poate obţine o capacitate mare chiar cu armături foarte mici, apropiindu-le foarte mult una de alta.

CURIOSUS: Aceasta e foarte periculos!... Dacă vei reduce prea mult grosimea membranei, la un moment dat, sub efectul presiunii, ea va plesni. De asemenea, între armăturile prea apropiate, din cauza tensiunii, vor izbucni scîntei. Electronii chemaţi prea violent vor străpunge dielectricul!

IGNOTUS: Într-un cuvînt, un condensator prost va fi o brichetă electrică bună?...

[1]) Capacitatea unui condensator este:

$$C = 0{,}0885\ \varepsilon \frac{S}{d}\ [\mu F],$$

unde ε este constanta dielectrică; S — suprafaţa armăturii, în cm²; d — distanţa dintre armături, în cm.

CONVORBIREA a 4-a

Această convorbire începe printr-o constatare care-l surprinde de îndată pe Ignotus: curentul alternativ trece prin condensatoare. Este adevărat că acestea opun curentului o oarecare reactanță... Ignotus începe să se încurce în diferitele impedanțe. Dar cititorul nu va imita exemplul său neplăcut și va urmări cu ușurință raționamentele lui Curiosus.

Curentul trece pe acolo!...

IGNOTUS: Curiosus, ultima dată mi-ai vorbit despre condensatoare. Dacă am înțeles bine, atunci cînd legăm cele două armături ale unui condensator la o pilă electrică, pe aceste armături se acumulează sarcini.

CURIOSUS: Exact. Se spune că condensatorul este *încărcat*.

IGNOTUS: Deci, în momentul în care legăm condensatorul la o sursă de curent, aceasta debitează un curent oarecare de încărcare. Dar cînd condensatorul este încărcat, curentul continuă să treacă?

CURIOSUS: Nu, totul se oprește. Totuși, înlocuind atunci pila cu o rezistență, vei produce o *descărcare* a condensatorului.

IGNOTUS: Cum vine asta?

CURIOSUS: Foarte simplu, permițînd electronilor în exces pe armătura negativă de a completa atomii deficitari în electroni ai armăturii pozitive. Curentul de scurtă durată care va trece în acest moment prin rezistență se numește curent de descărcare.

IGNOTUS: Condensatorul este deci un fel de resort, pe care-l putem întinde și care apoi, dacă-i dăm drumul, se destinde.

CURIOSUS: Îți amintesc că ultima dată am întrebuințat un exemplu asemănător, comparînd condensatorul cu o membrană elastică care separă două rezervoare. Descărcarea condensatorului printr-o rezistență este comparabilă cu destinderea membranei care alungă apa prin tubul îngust (fig. 11).

IGNOTUS: Poate să fie foarte amuzant de a încărca și a descărca un condensator, dar, la drept vorbind, eu nu văd prea limpede folosul acestei munci. O dată descărcarea împlinită, s-a terminat totul, nu?...

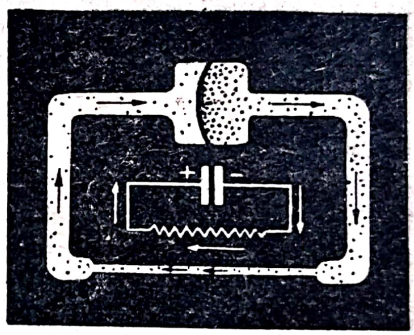


Fig. 11. Descărcarea unui condensator printr-o rezistență ohmică.

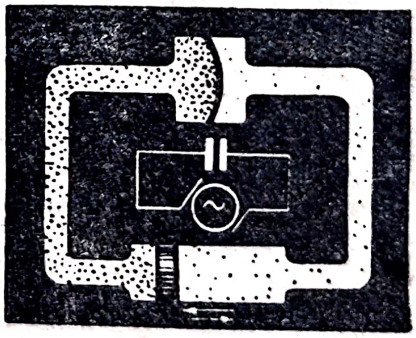


Fig. 12. Trecerea curentului alternativ prin condensator.

CURIOSUS: Da, dacă ai o sursă de curent continuu. Însă nu, dacă utilizezi un alternator, adică o maşină care produce curentul alternativ. O astfel de maşină poate fi reprezentată în exemplul nostru printr-un piston cu o mişcare de „du-te-vino" (fig. 12).

IGNOTUS: Înţeleg. Mergînd spre extremitatea dreaptă sau stîngă a cilindrului, pistonul încarcă condensatorul, adică încovoaie membrana; revenind la punctul de mijloc el înlesneşte descărcarea condensatorului.

CURIOSUS: Vezi, deci, că în „circuitul" nostru are loc o mişcare alternativă neîntreruptă de electroni. Circulă aici un adevărat curent alternativ.

IGNOTUS: Şi aceasta cu toate că există condensatorul, care totuşi, într-un anumit fel, întrerupe circuitul.

Diferitele „-anţe"

CURIOSUS: Electricienii spun chiar că, curentul alternativ „străbate" condensatorul. Prin aceasta nu se afirmă că electronii pătrund prin dielectric (membrană), ci numai că prezenţa condensatorului nu împiedică mişcarea de du-te-vino a electronilor, adică trecerea curentului alternativ într-un circuit.

IGNOTUS: Îmi trebuie cîtva timp pentru a mă obişnui cu această noţiune. Oricum, aşa elastică cum ar fi ea, o membrană este totuşi un obstacol.

CURIOSUS: Bineînţeles. De aceea a şi fost botezată *reactanţă capacitivă*, rezistenţa pe care ea o opune trecerii curentului alternativ.

IGNOTUS: Merge bine! Încă un termen în „-anţă"! Este de o „complicanţă" teribilă!...

CURIOSUS: Din contră, Ignotus, totul este în fond foarte simplu. Vei ghici tu însuţi cu uşurinţă de ce factori depinde această reactanţă.

IGNOTUS: Eu presupun, mai întîi, că ea depinde de valoarea capacităţii. Cu cît membrana este mai elastică, cu atît ea se curbează mai mult şi, ca urmare, lasă să intre electroni dintr-o parte şi să iasă din cealaltă.

CURIOSUS: Deci, cu cît capacitatea este mai mare, cu atît curentul alternativ circulă mai uşor şi noi spunem că în acest caz reactanţa este mai mică.

IGNOTUS: Tocmai contrariul a ceea ce se întîmplă pentru reactanţa inductivă, care creşte o dată cu inductanţa bobinelor. Dar, oare, cele două reactanţe nu depind de asemenea de frecvenţa curentului?

CURIOSUS: Desigur, cu cît frecvenţa este mai mare, cu atît mai mare este numărul de încărcări şi de descărcări pe secundă ale condensatorului şi prin urmare este mai mare numărul total de electroni care străbat într-o secundă un punct oarecare al circuitului.

IGNOTUS: Deci, intensitatea curentului creşte cu frecvenţa, ceea ce dovedeşte că reactanţa scade. Dar, dragă Curiosus, mai ai încă multe rezistenţe în rezervă? Eu simt că a mea a slăbit de tot...

CURIOSUS: Linişteşte-te: acum tu cunoşti cele trei feluri de „rezistenţe" întrebuinţate în electricitate. Pentru a-ţi rezuma proprietăţile lor, lasă-mă să-ţi întocmesc această mică tabelă.

Rezistenţă pur ohmică	Independentă de frecvenţă	
Reactanţa inductivă sau rezistenţa inducţiei proprii	Proporţională cu inductanţa	Proporţională cu frecvenţa
Reactanţa capacitivă sau rezistenţa capacităţii	Invers proporţională cu capacitatea	Invers proporţională cu frecvenţa

Scanned with OKEN Scanner

Toate acestea sînt *impedanţe* simple, deoarece aceasta este denumirea generală a tuturor rezistenţelor.

IGNOTUS: Şi putem combina între ele aceste impedanţe?

CURIOSUS: Bineînţeles! De altfel, la drept vorbind, este destul de rar cînd avem de-a face cu o impedanţă pură. Astfel, de exemplu, o bobină, în afară de inductanţă proprie, are de asemenea o anumită rezistenţă ohmică, care depinde de lungimea, diametrul şi natura chimică a firului. Ea are de asemenea o capacitate „repartizată", datorită vecinătăţii spirelor care joacă rolul armăturilor condensatorului. Dar noi putem dispune în mod voit, pe parcursul unui curent alternativ, mai multe impedanţe de natură diferită.

Viaţa de familie a impedanţelor...

IGNOTUS: În acest caz, valoarea lor se adună?

CURIOSUS: Vai! Lucrurile nu sînt atît de simple. Există mai întîi două feluri distincte de a dispune mai multe impedanţe în calea unui curent. Primul (fig. 13, *a*) constă în a le dispune *în serie*, în aşa fel încît ele să fie parcurse pe rînd de acelaşi curent. Al doilea fel constă în a le dispune *în paralel* (fig. 13, *b*) sau *în derivaţie*; curentul

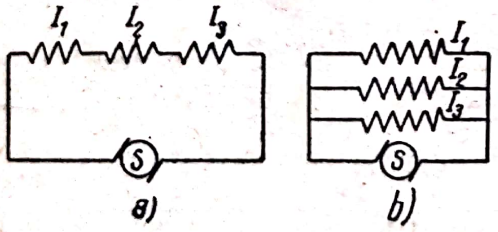


Fig. 13. Legarea în serie (*a*) şi în paralel (*b*).

se împarte atunci în atîţia curenţi cîte impedanţe sînt în derivaţie; în fiecare braţ el va fi cu atît mai intens cu cît rezistenţa va fi mai mică.

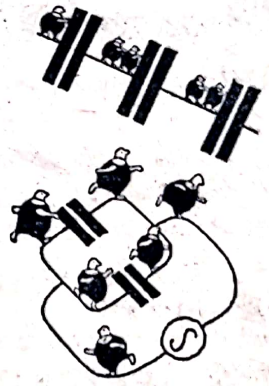
IGNOTUS: Este ca şi cînd curentul unui fluviu este împărţit în două printr-o insulă; prin braţul mai larg va trece mai multă apă.

CURIOSUS: Tu înţelegi, deci, că două rezistenţe ohmice în serie...

IGNOTUS: ...opun o rezistenţă egală cu suma rezistenţelor lor.

CURIOSUS: E adevărat. Şi dacă sînt în paralel?

IGNOTUS: Ei bine! Eu cred că electronii vor trece mai uşor. E ca şi cum ar exista un conductor cu secţiunea



egală cu suma secţiunilor lor. Deci, rezistenţa va scădea. Presupun că va fi la fel pentru reactanţe.

CURIOSUS: Nu te înşeli.

IGNOTUS: Prin urmare, în serie, rezistenţele, inductanţele proprii şi capacităţile se adună, iar în paralel, din contră, valoarea totală este mai mică decît valoarea fiecăreia luată în parte.

CURIOSUS: Te cam grăbeşti atribuind rezistenţelor, bobinelor şi condensatoarelor aceleaşi proprietăţi ca şi impedanţelor lor. Aceasta este adevărat atunci cînd vorbeşti de rezistenţe ohmice şi de inductanţele proprii pentru care reactanţa este proporţională cu inductanţa proprie. Dar pentru condensatoare nu mai merge, căci reactanţa capacitivă este invers proporţională cu capacitatea. Deci, dacă în serie reactanţele capacitive se adună, capacităţile din contră se slăbesc reciproc.

IGNOTUS: Ei, şi!...

CURIOSUS: Văd că este zadarnic să fac apel la intuiția ta matematică... Iată două condensatoare C_1 și C_2 în serie (fig. 14). Observă că C_2 este de capacitate mai mică decît C_1, căci membrana sa este mai mică. Cantitatea de lichid pe care pistonul poate s-o deplaseze este limitată mai ales de C_2. Cît despre C_1, care ar putea să înmagazineze mai mult, el nu va putea să acumuleze decît ceea ce lasă să treacă C_2 și chiar mai puțin, din cauza tensiunii propriei sale membrane. Deci, în serie, capacitatea sistemului C_1—C_2 este mai mică decît capacitatea C_2.

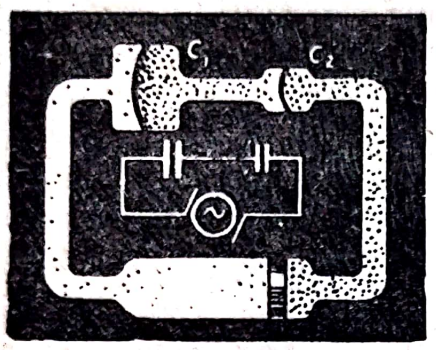
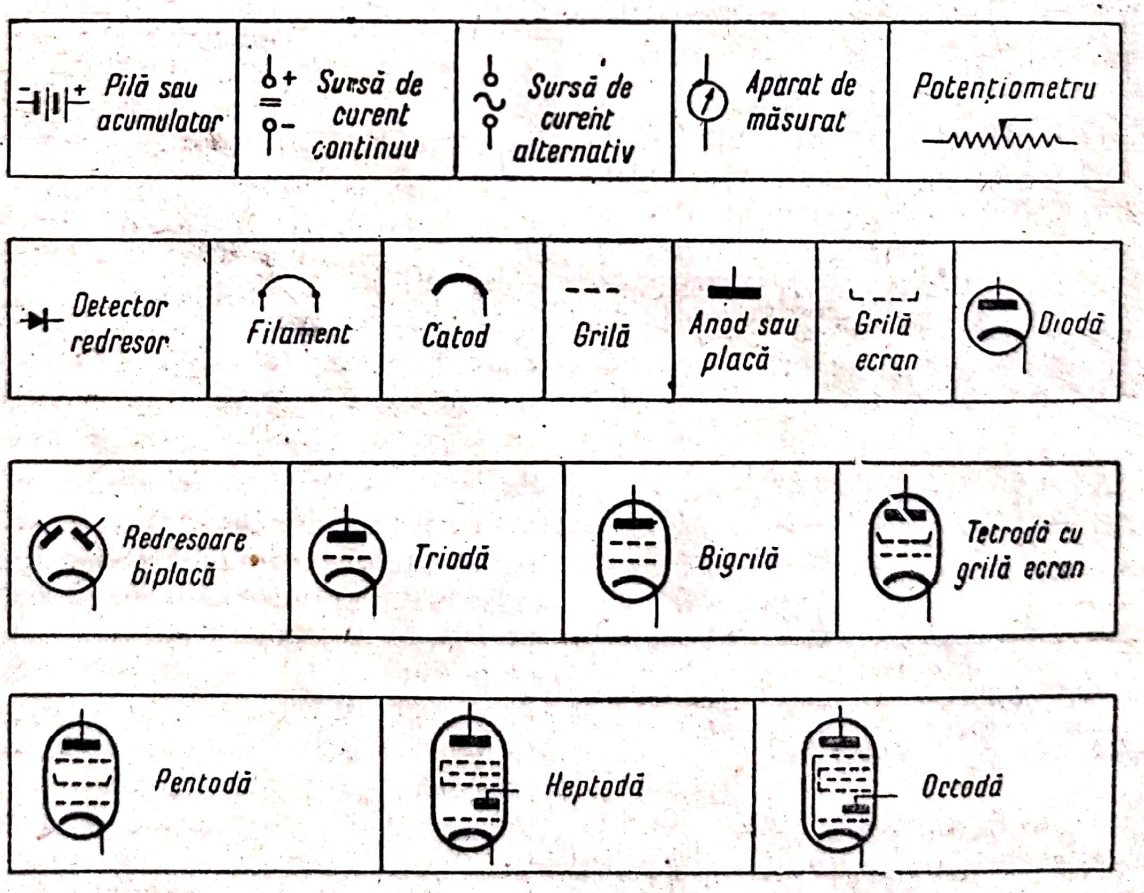


Fig. 14. Legarea condensatoarelor în serie.

IGNOTUS: Eu cred că puse în paralel, capacitățile din contră se adună, pentru că aceasta ar echivala cu mărirea suprafeței membranei.

CURIOSUS: Evident...

Cîteva simboluri folosite în schemele de radiotehnică



CONVORBIREA a 5-a

Curiosus restabilește o oarecare claritate în mintea lui Ignotus, prezentîndu-i o tabelă care rezumă proprietățile rezistențelor, inductanțelor proprii și capacităților și ale impedanțelor lor legate în serie sau în paralel. În sfîrșit, cei doi prieteni abordează problema rezonanței, fenomen fundamental în radio. Curiosus insistă asupra anumitor puncte care vor ușura, în continuare, studiul circuitelor radio.

Meci: Inductanță proprie contra Capacitate

IGNOTUS: Mă bucur că te revăd, Curiosus. Ultima noastră convorbire mi-a lăsat în cap o asemenea ceață, că eu îndrăznesc mai puțin ca oricînd să încep construirea aparatului nașei tale.

CURIOSUS: Era de prevăzut. De aceea, eu am pregătit înadins pentru tine o mică tabelă (fig. 15), care rezumă proprietățile rezistențelor, condensatoarelor și inductanțelor proprii puse în serie sau în paralel, precum și cele ale impedanțelor lor.

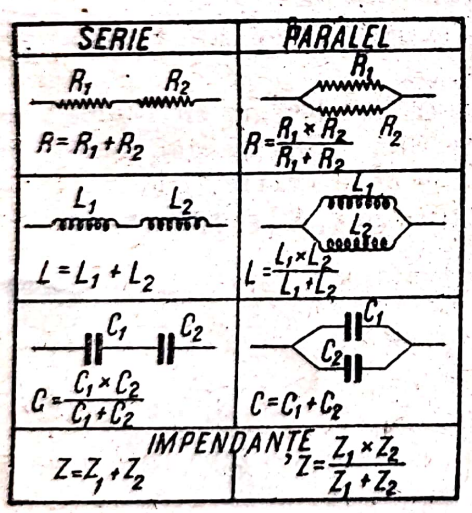


Fig. 15. Tabelă rezumativă a proprietăților, rezistențelor, inductanțelor capacităților și a impedanțelor lor în serie și în paralel.

IGNOTUS: Îți mulțumesc. Aceasta mă va ajuta fără îndoială să pun un pic de ordine în gîndurile mele, căci aceste insomnii au început să-mi dea griji.

CURIOSUS: Doamne! Să fie radioul care...

IGNOTUS: Da, desigur! Toată noaptea n-am dormit gîndindu-mă ce ar putea rezulta din legarea în serie a unui condensator cu o bobină. Și vai, n-am putut găsi nimic!

CURIOSUS: Aceasta nu este de mirare, pentru că nu ți-am dezvăluit încă un lucru de importanță primordială. Anume, chiar dacă inductanța proprie și capacitatea opun amîndouă o rezistență la trecerea curentului alternativ, aceste două rezistențe lucrează într-un anumit fel în sensuri diferite. Dacă inductanța proprie, cu inerția sa, întîrzie apariția curentului cînd aplicăm tensiunea (se spune că curentul este *defazat* în întîrziere față de tensiune), capacitatea are o proprietate opusă: curentul este cel mai puternic în momentul cînd condensatorul este descărcat și prin urmare tensiunea este nulă; și pe măsură ce condensatorul se încarcă și tensiunea crește, curentul se micșorează.

IGNOTUS: Este adevărat, la naiba! Cînd membrana este umflată totul se oprește și în momentul cînd ea se dezumflă circulă cei mai mulți electroni.

CURIOSUS: Electricienii folosesc un limbaj mai distins decît al tău și spun că într-o capacitate curentul este defazat înainte față de tensiune.

CONVORBIREA a 5-a

Curiosus restabilește o oarecare claritate în mintea lui Ignotus, prezentîndu-i o tabelă care rezumă proprietățile rezistențelor, inductanțelor proprii și capacităților și ale impedanțelor lor legate în serie sau în paralel. În sfîrșit, cei doi prieteni abordează problema rezonanței, fenomen fundamental în radio. Curiosus insistă asupra anumitor puncte care vor ușura, în continuare, studiul circuitelor radio.

Meci: Inductanță proprie contra Capacitate

IGNOTUS: Mă bucur că te revăd, Curiosus. Ultima noastră convorbire mi-a lăsat în cap o asemenea ceață, că eu îndrăznesc mai puțin ca oricînd să încep construirea aparatului nașei tale.

CURIOSUS: Era de prevăzut. De aceea, eu am pregătit înadins pentru tine o mică tabelă (fig. 15), care rezumă proprietățile rezistențelor, condensa-

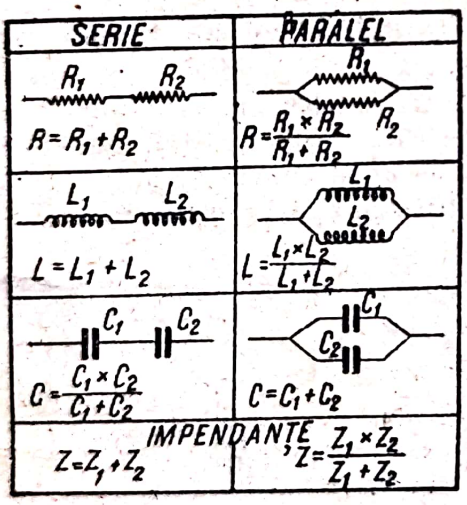


Fig. 15. Tabelă rezumativă a proprietăților, rezistențelor, inductanțelor capacităților și a impedanțelor lor în serie și în paralel.

toarelor și inductanțelor proprii puse în serie sau în paralel, precum și cele ale impedanțelor lor.

IGNOTUS: Îți mulțumesc. Aceasta mă va ajuta fără îndoială să pun un pic de ordine în gîndurile mele, căci aceste insomnii au început să-mi dea griji.

CURIOSUS: Doamne! Să fie radioul care...

IGNOTUS: Da, desigur! Toată noaptea n-am dormit gîndindu-mă ce ar putea rezulta din legarea în serie a unui condensator cu o bobină. Și vai, n-am putut găsi nimic!

CURIOSUS: Aceasta nu este de mirare, pentru că nu ți-am dezvăluit încă un lucru de importanță primordială. Anume, chiar dacă inductanța proprie și capacitatea opun amîndouă o rezistență la trecerea curentului alternativ, aceste două rezistențe lucrează într-un anumit fel în sensuri diferite. Dacă inductanța proprie, cu inerția sa, întîrzie apariția curentului cînd aplicăm tensiunea (se spune că curentul este *defazat* în întîrziere față de tensiune), capacitatea are o proprietate opusă: curentul este cel mai puternic în momentul cînd condensatorul este descărcat și prin urmare tensiunea este nulă; și pe măsură ce condensatorul se încarcă și tensiunea crește, curentul se micșorează.

IGNOTUS: Este adevărat, la naiba! Cînd membrana este umflată totul se oprește și în momentul cînd ea se dezumflă circulă cei mai mulți electroni.

CURIOSUS: Electricienii folosesc un limbaj mai distins decît al tău și spun că într-o capacitate curentul este defazat înainte față de tensiune.

IGNOTUS: Fie! Dar ce se întîmplă cînd o tensiune alternativă este aplicată la o capacitate şi o inductanţă puse în serie?... Eu vreau, oricum, să pot dormi în noaptea aceasta!

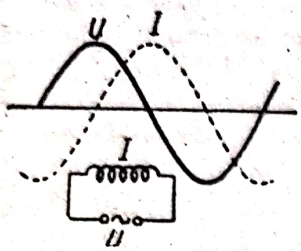


Fig. 16. Defazajul dintre curentul I şi tensiunea U, produs de o inductanţă.

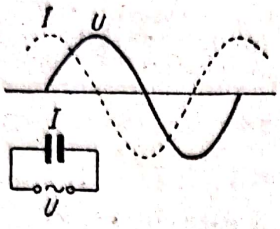


Fig. 17. Defazajul produs de o capacitate. Curentul I este în avans faţă de tensiunea U.

CURIOSUS: Ei bine! În acest caz totul depinde de relaţia dintre reactanţele inductanţei şi ale capacităţii. Dacă reactanţa inductivă este mai mare

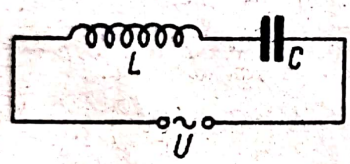


Fig. 18. Inductanţa L şi capacitatea C în serie. Pentru frecvenţa de rezonanţă, impedanţa şi defazajul acestui ansamblu sînt nule.

decît reactanţa capacitivă, ea va avea întîietate, şi *viceversa*, căci reactanţa capacitivă trebuie scăzută din cea inductivă pentru că lucrează într-un fel diametral opus.

IGNOTUS: Bine. Dacă este aşa, eu am să te „încui"... Presupune că am un condensator şi o bobină în serie şi le aplic o tensiune de o frecvenţă din ce în ce mai mare. Ce se întîmplă?

CURIOSUS: Dar dumneata o ştii prea bine.

IGNOTUS: Într-adevăr. O dată cu mărirea frecvenţei, reactanţa inductivă se va mări şi cea capacitivă se va micşora. Va veni deci în mod necesar un moment, cînd, pentru o anumită frecvenţă, reactanţa inductivă şi cea capacitivă vor deveni egale. Şi pentru că una se scade din cealaltă, circuitul nostru va avea o impedanţă nulă?!!

CURIOSUS: Bunicel, e bunicel tot acest raţionament!... Ai uitat totuşi că simpla rezistenţă ohmică, care nu depinde de frecvenţă, rămîne în orice caz în circuit, dar este adevărat că pentru o anumită frecvenţă, reactanţele inductivă şi capacitivă se vor anula şi că în acel moment nu va mai exista defazaj între tensiune şi curent.

Picătura care rupe şina

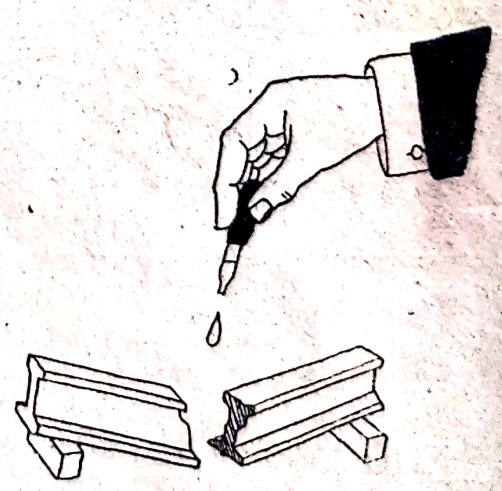
IGNOTUS: Deci, în acel moment rezistenţa circuitului va fi la minimum şi intensitatea curentului va atinge prin urmare maximul?

CURIOSUS: Bineînţeles. Noi spunem că atunci curentul este în *rezonanţă* cu circuitul.

IGNOTUS: Nu este ca povestea cu picătura de apă care sparge oţelul?

CURIOSUS: Ce-o mai fi şi cu această invenţie?

IGNOTUS: Eu am citit undeva că se poate rupe o şină de oţel, suspendînd-o de cele două capete şi lăsînd să cadă picături de apă pe mijlocul ei. Pentru



o anumită cadenţă a loviturilor picăturilor, şina intră în vibraţie, care devine atît de puternică încît şina se rupe.

CURIOSUS: Într-adevăr, este un caz de rezonanţă mecanică. Tot astfel, după cum un circuit compus dintr-o bobină şi un condensator are o frecvenţă proprie, numită frecvenţa de rezonanţă, pentru care impedanţa sa devine foarte slabă şi oscilaţiile curentului devin cele mai puternice, o bară metalică care posedă o anumită masă (echivalentă cu inductanţa proprie) şi o anumită elasticitate (echivalentă cu capacitatea) are de asemenea o frecvenţă de rezonanţă, la care vibraţiile devin cele mai puternice. Prima picătură produce o vibraţie foarte slabă, dar a doua cade *la momentul potrivit* pentru a o întări şi aşa mai departe.

IGNOTUS: Da, acum înţeleg. Dacă picăturile cad puţin mai repede sau mai încet, ele nu numai că n-ajută vibraţia, dar pot chiar s-o împiedice. Dar pentru frecvenţa de rezonanţă, efectul lor se adună şi bara sfîrşeşte prin a se rupe atunci cînd vibraţiile devin foarte puternice.

Perpetuum mobile? ...

CURIOSUS: Să revenim acum, dacă doreşti, la electricitate. Presupune că ai un condensator încărcat, pe care-l legi la bornele unei bobine. Ce se va întîmpla?

IGNOTUS: O ştiu prea bine. Încă în timpul ultimei noastre convorbiri am studiat descărcarea unui condensator printr-o rezistenţă. Ei bine, o bobină este ca şi o rezistenţă. Prin urmare, condensatorul se va descărca prin bobină... şi gata!

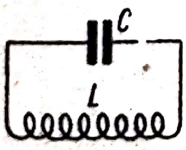


Fig. 19

CURIOSUS: Iată pericolul silogismelor construite fără socoteală!!! Tu, dragul meu, uiţi un lucru: inductanţa proprie este o rezistenţă puţin specială, asemănătoare cu inerţia. Pe cît de greu le este electronilor să se pună în mişcare de-a lungul ei, pe atît le este de greu după aceea să se oprească. Deci, în momentul cînd condensatorul va fi descărcat, curentul de electroni va continua să treacă în acelaşi sens şi...

IGNOTUS: ...condensatorul se va reîncărca, dar schimbînd polaritatea. Dar după ce va fi reîncărcat?...

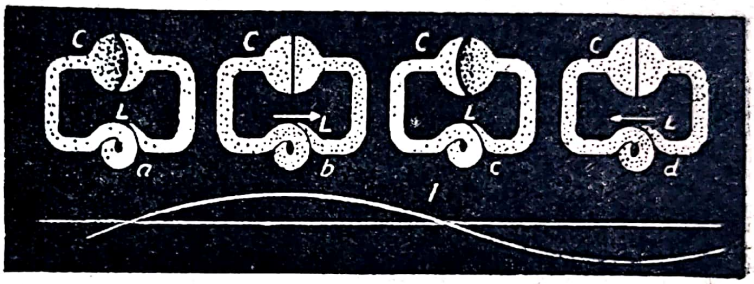


Fig. 20. Mişcarea electronilor în circuit în timpu unei perioade:
a şi *c* — curentul este nul, dar tensiunea asupra condensatorului *C* este maximă; *b* şi *d* — curentul este maxim, dar tensiunea asupra condensatorului este nulă.

CURIOSUS: Se va descărca din nou şi aşa mai departe.

IGNOTUS: Deci, aceasta nu se opreşte niciodată? Este de ajuns de a încărca condensatorul o singură dată, pentru ca apoi descărcîndu-l într-o bobină el să se reîncarce şi să se descarce mereu? Este deci mişcarea perpetuă?...

CURIOSUS: Nu te pripi! Circuitul nostru are o rezistenţă ohmică. Curentul va suferi deci o anumită slăbire pentru a învinge această rezistenţă la

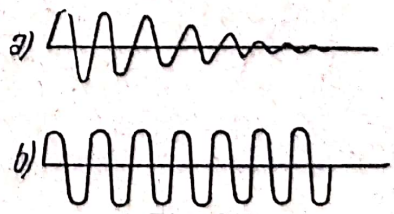


Fig. 21:
a — oscilaţii amortizate; *b* — oscilaţii întreţinute.

fiecare din trecerile sale. Oscilaţiile vor deveni deci din ce în ce mai slabe, pentru ca pînă la urmă să se oprească.

IGNOTUS: Este pe scurt experiența pendulului, căruia este suficient de a-i da un impuls inițial pentru ca să înceapă să oscileze, pînă cînd, din cauza rezistenței aerului, toată energia se pierde.

CURIOSUS: Este exemplul cel mai clasic pe care-l găsești în toate tratatele de radioelectricitate; vei ghici poate ușor care este frecvența oscilațiilor care se stabilesc în circuitul nostru?

IGNOTUS: Eu cred că electronii sînt de ajuns de deștepți și de leneși pentru a urma legea efortului minim. Pentru aceasta ei n-au decît să oscileze la frecvența de rezonanță a circuitului, frecvență pentru care impedanța are valoarea cea mai mică.

CURIOSUS: Chiar așa vor face... Astfel, într-un circuit compus dintr-o inductanță (bobină) și o capacitate, numit *circuit oscilant*, descărcarea condensatorului se produce în *oscilații amortizate* (curent alternativ de amplitudine descrescătoare) avînd frecvența egală cu *frecvența proprie*, adică cu *frecvența de rezonanță* a circuitului.

Marele circuit și micul circuit

IGNOTUS: Există vreun mijloc de a menține la nesfîrșit aceste oscilații?

CURIOSUS: Se pot obține oscilații de amplitudine constantă (*oscilații întreținute*), compensînd, la fiecare oscilație, pierderile de energie din circuit

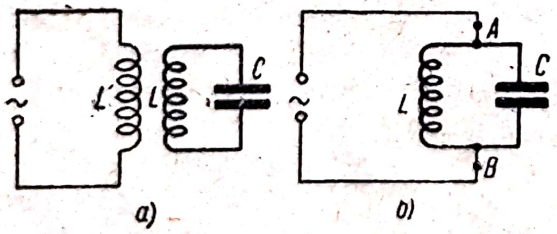


Fig. 22. Circuitul oscilant *LC* primește energia, fie prin inducție (*a*), fie direct (*b*).

prin aducerea din exterior a unei mici doze de energie.

IGNOTUS: Pricep. E ca și la pendulul unui orologiu, căruia resortul îi transmite la fiecare oscilație un ușor impuls.

CURIOSUS: Exact. Pentru aceasta, este de ajuns de a pune circuitul oscilant în legătură cu un alt circuit parcurs de un curent alternativ la frecvența de rezonanță. Se poate face acest lucru, fie cuplîndu-le prin inducție (fig. 22, *a*), fie intercalînd direct circuitul oscilant în celălalt circuit (fig. 22, *b*).

IGNOTUS: Eu cred că în ambele cazuri, numai un curent cu frecvența de rezonanță va putea produce un curent puternic în circuitul oscilant.

CURIOSUS: Și nu te înșeli. Dar, ceea ce este foarte important — și eu te rog să fii atent! — este că în cazul cînd circuitul oscilant este cuprins în alt circuit (fig. 22, *b*) el constituie pentru cel de-al doilea circuit o impedanță foarte ridicată pentru curentul de rezonanță.

IGNOTUS: Ei bine, atunci... eu nu te mai înțeleg! Nu mi-ai spus, cu puțin înainte, că pentru curentul de rezonanță impedanța circuitului are valoarea cea mai slabă?!

CURIOSUS: Ce talmeș-balmeș!... Dați seama că avem aici două circuite distincte. Unul, pe care l-am desenat cu linii mai groase, este circuitul nostru oscilant. Celălalt este circuitul parcurs de curentul frecvenței de rezonanță...

IGNOTUS: Dar de unde vine el?

CURIOSUS: Ai să vezi mai tîrziu, de la antenă sau de la circuitul de placă. N-are importanță deocamdată... În interiorul circuitului oscilant circulă un curent pentru care impedanța circuitului este foarte slabă. Iată acum circuitul cu linii subțiri. Acolo lucrurile se schimbă. Acest circuit nu poate să transmită circuitului oscilant, la fiecare perioadă, decît slaba cantitate de energie pe care acesta a pierdut-o în acest scurt răstimp. Deci, aici nu poate circula decît un curent foarte slab. Deducem astfel că circuitul nostru oscilant joacă, *în raport cu circuitul mare*, rolul unei impedanțe mari.

IGNOTUS: E al naibii de complicat; cu toate acestea cred c-am înțeles.

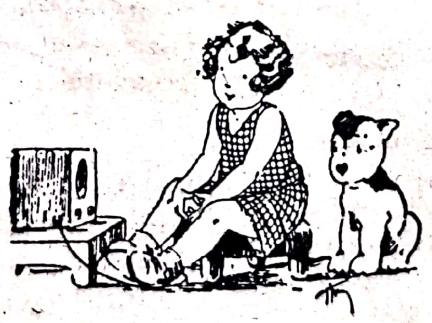
CURIOSUS: Mai reține încă o concluzie foarte importantă: pentru că circuitul oscilant constituie o impedanță mare pentru curentul de rezonanță al circuitului mare, acest curent produce, conform legii lui Ohm, o puternică tensiune alternativă la bornele *A* și *B* ale circuitului mic.

IGNOTUS: Și ce vom obține, dacă, în locul frecvenței de rezonanță, avem un curent de o frecvență diferită?

CURIOSUS: În acest caz *oscilațiile forțate* care se nasc în circuitul oscilant vor fi mult mai slabe. Circuitul mic va prezenta o impedanță mult mai slabă pentru curentul din circuitul mare (fig. 22, *b*). Astfel, dacă prin circuitul mare trec simultan mai mulți curenți de frecvențe diferite, numai curentul frecvenței de rezonanță va crea în circuitul oscilant un curent puternic și la bornele sale o tensiune foarte mare. Deci, dintre mai mulți curenți vei putea să selecționezi, într-un fel oarecare, unul: acela al frecvenței de rezonanță.

IGNOTUS: Aș vrea să te întreb de ce depinde frecvența de rezonanță, astfel ca...

CURIOSUS: Eu cred că pentru azi ai atins saturația și că este mai bine să amînăm aceasta pentru data următoare. Vom putea atunci să terminăm cu toate aceste noțiuni preliminare din domeniul electricității generale și să începem propriu-zis radiotehnica.



CONVORBIREA a 6-a

Primele cinci convorbiri i-au permis lui Ignotus (și dumneavoastră, dragi cititori) să asimileze noțiunile indispensabile ale electricității generale. Și acum, antrenat de Curiosus, Ignotus se lansează în studiul radioului. Bizuindu-se pe învățămintele convorbirii precedente, el examinează acum problemele selectivității și ale acordului circuitelor oscilante...

Ignotus și matematica

CURIOSUS: Ultima dată, la despărțire, m-ai întrebat de ce factori depinde frecvența de rezonanță a unui circuit oscilant.

IGNOTUS: Într-adevăr, dar apoi am reflectat asupra acestei probleme și cred că am găsit răspunsul. Mai întîi un circuit oscilant se compune numai dintr-un condensator și o bobină. Deci, în mod obligatoriu, frecvența sa proprie nu poate depinde decît de capacitate și de inductanța proprie.

CURIOSUS: Nu trebuie să fii Sherlock Holmes pentru a ajunge aici...

IGNOTUS: Desigur. Dar eu am mers mai departe... În ceea ce privește capacitatea, cu cît este mai mare, cu atît mai mult va dura fiecare încărcare și descărcare. De asemenea, cu cît inductanța proprie este mai mare, cu atît mai mult se opune tuturor variațiilor curentului și prin urmare încetinește oscilațiile. În rezumat, perioada oscilațiilor proprii ale circuitului crește cu mărirea capacității și a inductanței proprii.

CURIOSUS: Și, prin urmare, frecvența scade în același timp. Felicitările mele, Ignotus. Raționamentul este bun. Trebuie adăugat numai că variația frecvenței (și a perioadei) nu se produce în aceeași măsură cu variația capacității și a inductanței proprii. Dacă ți-ar place puțin matematicile, eu ți-aș spune chiar că perioada este proporțională cu rădăcina pătrată a capacității și a inductanței proprii[1]).

IGNOTUS: Oh, tu știi că matematicile nu mă îndrăgesc și că sentimentul este reciproc. Îți voi mărturisi, cu riscul de a-ți părea ignorant, că nu prea văd bine utilitatea pentru radio a acestor probleme de circuite oscilante.

Inelele de fum

CURIOSUS: Eu ți-am explicat încă în cursul celei de-a doua convorbiri, că atunci cînd într-un fir vertical, numit antenă, circulă un curent de înaltă frecvență...

IGNOTUS: ...undele electromagnetice, detașîndu-se și propagîndu-se ca și inelele de fum, se îndepărtează cu viteza nebună de 300 000 kilometri pe secundă.

CURIOSUS: Perfect, memoria nu ți-a slăbit încă... Acum, ce se întîmplă cînd, pe traseul lor, aceste inele întîlnesc un alt fir vertical?

IGNOTUS: Eu cred că se poate aplica aici principiul reversibilității fenomenelor și afirma că inelele vor produce în firul întîlnit curenți de înaltă frecvență.

---

[1]) Cunoscînd inductanța proprie L și capacitatea C, se determină ușor perioada T după formula lui Thomson:

$$T = 2\pi\sqrt{L \times C},$$

unde $\pi = 3{,}14...$ Dar Ignotus nu vrea formule!

CURIOSUS: Perfect! Și pentru a spune lucrurilor pe nume, noi spunem că undele produc în *antena de recepție* un curent asemenea celui care circulă în antena de emisie. El va fi desigur mult mai slab, căci îndepărtîndu-se de emițător, undele slăbesc.

IGNOTUS: Ca și inelele de fum cînd se îndepărtează.

Ignotus se teme de electrocutare

CURIOSUS: Acum gîndește-te la un lucru grav. Există în fiecare clipă în lume mai multe zeci de emițătoare de radio în funcțiune.

IGNOTUS: Nu cumva vrei să pretinzi că ele produc toate curenți, în orice bucățică de fir vertical!

CURIOSUS: Ba da! Fii convins că și tu, care ești totuși un conductor, deși imperfect, ești parcurs în acest moment de zeci de curenți de înaltă frecvență.

IGNOTUS: Aoleu!... Ai fi făcut mai bine dacă nu-mi spuneai!... Dar eu nu simt nimic.

CURIOSUS: Natural, fiindcă acești curenți sînt foarte slabi. În afară de aceasta, în timp ce curenții continui sau alternativi, dar de joasă frecvență, se propagă prin întreaga secțiune a conductorului, curenții de înaltă frecvență nu se propagă decît la suprafața conductorului. Numim aceasta *efect pelicular*.

IGNOTUS: Aceasta mă mai liniștește puțin... dar este aici un alt lucru care mi se pare îngrijorător. Pentru că antenele de recepție recepționează curenții de la toate posturile de emisie în funcțiune, noi vom auzi un amestec groaznic de muzică clasică și ușoară, de conferințe, noutăți de presă, rețete culinare etc. Eu nu văd din toate acestea ce poate da recepția simultană a Parisului, Varșoviei și Sofiei, de exemplu.

Selectivitatea

CURIOSUS: Tu știi prea bine că nu este chiar așa. Receptoarele de radio sînt *selective*, adică au posibilitatea de a alege dintre mulțimea de curenți care circulă în antenă, pe aceia care corespund emițătorului dorit.

IGNOTUS: În ce fel?

CURIOSUS: Cu ajutorul unuia sau a mai multor circuite oscilante. De exemplu, antena va fi cuplată prin inducție

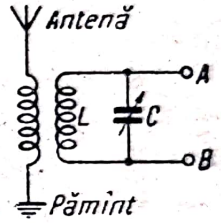


Fig. 23. Circuit oscilant cuplat cu o antenă.

cu un circuit oscilant (fig. 23). Regăsim acum exact cazul pe care l-am examinat la sfîrșitul ultimei noastre convorbiri. Dintre toți curenții care circulă în antenă, numai acela care va avea frecvența egală cu frecvența de rezonanță a circuitului oscilant $L - C$ va induce în acest circuit curenți care vor crea o anumită tensiune între punctele A și B.

IGNOTUS: Deci, dacă am înțeles bine, diferitele posturi de emisie trebuie să se deosebească unele de altele prin frecvența lor diferită.

CURIOSUS: Într-adevăr. Frecvența este, pentru emițător, același lucru ca și numărul de apel pentru telefon.

IGNOTUS: Dar deoarece circuitul oscilant nu poate avea decît o singură frecvență de rezonanță, cum să ascultăm, după dorința noastră, diferite emisiuni?

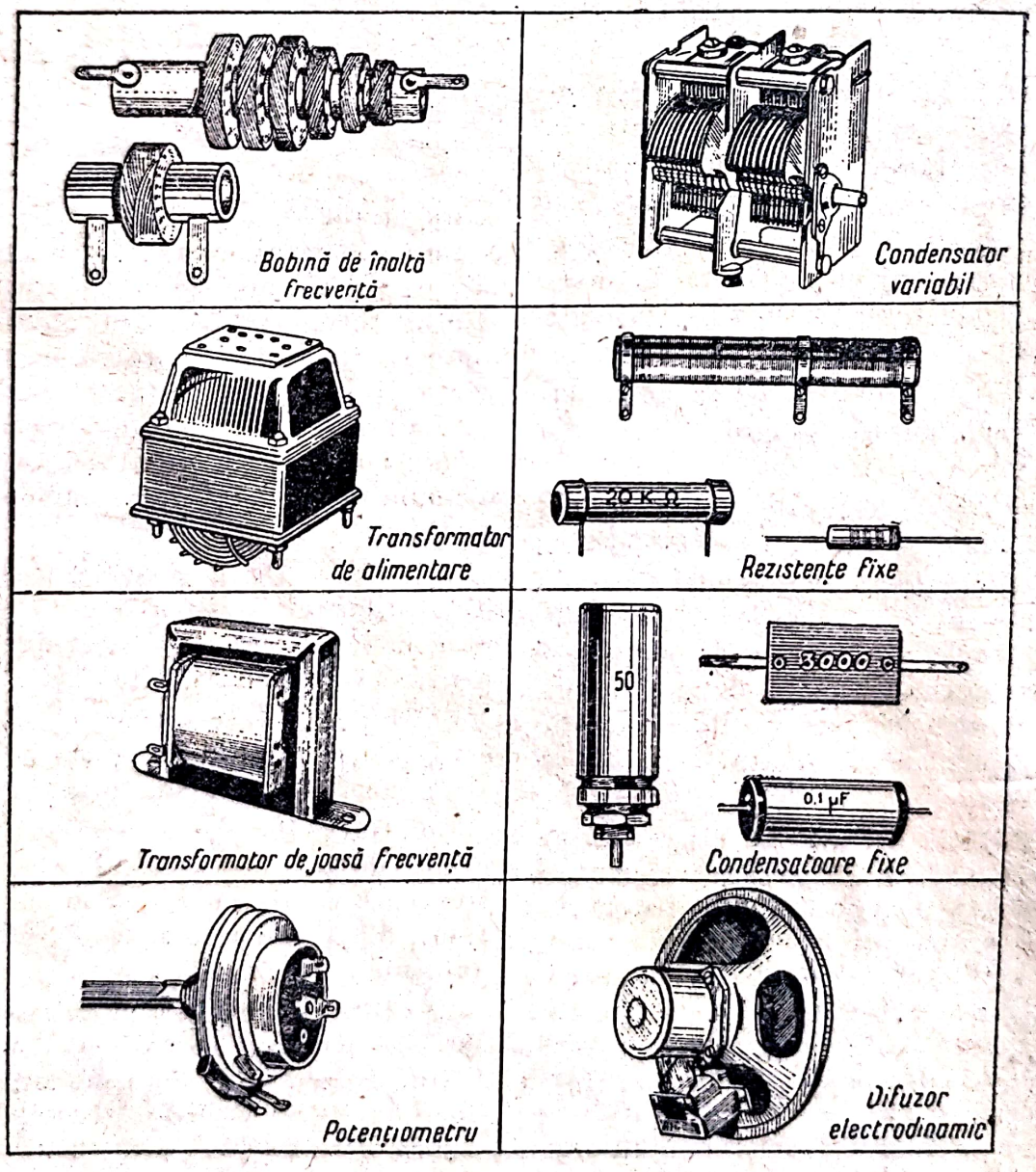
CURIOSUS: Foarte simplu, *acordîndu-l* pe diferite frecvențe. Pentru a schimba frecvența de rezonanță este de ajuns de a modifica fie inductanța proprie, fie capacitatea circuitului. N-ai observat că în figură condensatorul C este barat de o săgeată? În scheme,

săgeata indică de obicei că valoarea piesei este variabilă. În această împrejurare noi utilizăm un condensator cu capacitate variabilă, sau cum se numește pe scurt un „condensator variabil".

IGNOTUS: Deci, în concluzie, există în antenă mai mulți curenți de diferite frecvențe; modificînd capacitatea condensatorului variabil, tu pescuiești de fiecare dată unul singur în circuitul oscilant. Vom avea atunci între punctele *A* și *B* o tensiune alternativă și... ce facem cu ea?

CURIOSUS: Această tensiune este în general slabă. Trebuie deci s-o amplificăm înainte de a o supune altor tratamente. Pentru amplificare se folosesc tuburi electronice, cărora le vom explora misterele data viitoare.

Cîteva piese folosite în montajele radiotehnice



CONVORBIREA a 7-a

Pentru a înțelege radioul, este important, înainte de toate, de a cunoaște tubul cu mai mulți electrozi, care este „fata la toate" a montajelor radioelectrice. Astfel, credincios promisiunii sale, Curiosus intră în miezul subiectului, expunînd proprietățile tuburilor celor mai simple: dioda și trioda. Ignotus află astfel rolul catodului, anodului și grilei.

Ignotus se documentează

IGNOTUS: Deoarece ultima dată mi-ai promis că-mi vei vorbi despre tuburile de radio, m-am documentat puțin asupra problemei. Consultînd dicționarul meu, am aflat că ele se mai numesc „lămpi electronice", sau „tuburi electronice".

CURIOSUS: Perfect, Ignotus! Iată-te acum bine informat!... Pentru a completa cunoștințele dicționarului tău îmi rămîne să adaug că electronii joacă efectiv un rol important în tuburile de radio.

IGNOTUS: Nu-ți bate joc de mine, Curiosus. Ce fac electronii în tub?

CURIOSUS: Ei sînt emiși de catod și, după ce au trecut în vid, prin mai multe grile, ei sînt atrași de anod.

IGNOTUS: Din ce în ce mai bine! Catod, anod, grilă... ca și cum mi-ai explica în sanscrită calculul integral.

CURIOSUS: Atunci s-o luăm de la capăt. Știi tu ce este căldura?

IGNOTUS: Cartea mea de fizică, într-o aluzie discretă, ar explica căldura ca un fenomen care nu este altceva decît mișcarea rapidă și dezordonată a moleculelor, adică a particulelor elementare ale unui corp.

CURIOSUS: Și ce devin electronii în moleculele unui corp încălzit?

IGNOTUS: Cred că electronii pot fi asimilați cu niște călători așezați într-un vehicul care aleargă într-un zigzag nebunesc, cu o mare viteză. Electronii voiajori sînt zdruncinați și trebuie să sufere.

CURIOSUS: Știința nu posedă cunoștințe asupra stării morale a electronilor... dar ai dreptate spunînd că sînt puternic zdruncinați. Prespune că temperatura corpului ar fi foarte ridicată...

IGNOTUS: În acest caz, mișcarea moleculelor-vehicule devine atît de rapidă și dezordonată, că mi-e teamă că mulți electroni voiajori vor fi aruncați afară.

CURIOSUS: Aceasta este ceea ce se numește *emisie electronică* a unui corp. Dacă aduci la incandescență un fir metalic, din el va țîșni o cantitate de electroni. Există de altfel anumiți oxizi ai metalelor, pentru care emisia electronică începe la o temperatură relativ joasă.

IGNOTUS: Se vede că în acești oxizi, călătorii nu se cramponează prea puternic de vehiculul lor. Dar, spune-mi, prin ce mijloc vrei tu să încălzești metalul pentru a obține emisia electronică?

CURIOSUS: Toate mijloacele de încălzire pot fi utilizate: gazul, petrolul, cărbunele, electricitatea.

IGNOTUS: Drace! Eu n-am știut că se fac tuburi de radio încălzite cu petrol...

CURIOSUS: Într-adevăr, în practică, *catozii* (astfel se numesc la tuburile electronice electrozii care servesc la emisia electronică) se încălzesc totdeauna cu un curent electric. Dar acest curent

de încălzire joacă un rol cu totul secundar și poate să fie înlocuit prin orice altă sursă de căldură. În tuburile moderne găsim un filament de încălzire care se aseamănă cu acelea ale lămpilor de iluminat și care este adus la incandescență de un curent (indiferent dacă este continuu sau alternativ) care-l parcurge. Acest filament este îmbrăcat într-un cilindru izolant de porțelan, prin care căldura este transmisă la un tub de nichel care înconjoară strîns cilindrul de porțelan. În sfîrșit, suprafața tubului de nichel este acoperită

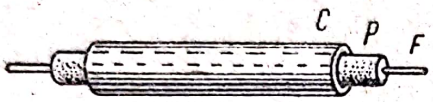


Fig. 24. Alcătuirea catodului:
F — filamentul de încălzire; *P* — cilindru de porțelan; *C* — tub de nichel acoperit cu un strat emisiv.

de un strat emisiv, compus din diferiți oxizi și care constituie catodul propriu-zis (fig. 24).

IGNOTUS: Deci, pe scurt, este un reșou electric pe care este pus un ibric din care iese un abur de electroni.

CURIOSUS: Comparația îmi place. Bagă numai de seamă că electronii scăpați din catod nu vor putea să meargă prea departe dacă vor întîlni, în drumul lor, molecule de aer. Pentru a le permite să se deplaseze liber, catodul se plasează într-un balon de sticlă golit de orice urmă de gaz.

IGNOTUS: Dar unde vrei tu să se ducă electronii?

Și iată dioda...

CURIOSUS: Vom amenaja în tub o capcană pentru electroni. Aceasta va fi un cilindru așezat la o oarecare depărtare în jurul catodului și încărcat pozitiv față de acesta, cu ajutorul unei pile electrice.

IGNOTUS: Mi se pare că înțeleg ce se întîmplă atunci. Electronii fiind particule de electricitate negativă, vor fi atrași de cilindrul tău încărcat pozitiv și se va stabili astfel un curent de electroni mergînd de la catod spre acest cilindru (fig. 25).

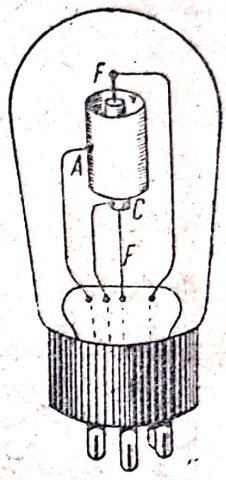


Fig. 25. Diodă:
F — filament; *C* — catod; *A* — anod.

CURIOSUS: Cilindrul despre care este vorba se numește *anod* sau *placă* și curentul care merge de la catod la anod și care, după ce a traversat bateria, revine la catod se numește *curent anodic* sau *curent de placă*. Poți de altfel

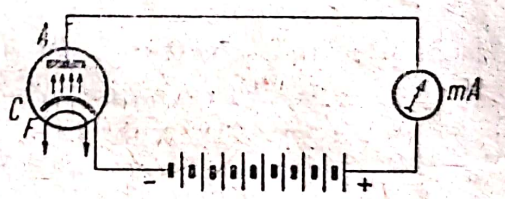


Fig. 26. Miliampermetrul *mA* permite măsurarea curentului care trece de la catodul *C* la anodul *A*.

să descoperi prezența sa cu ajutorul unui miliampermetru introdus în circuitul de placă (fig. 26).

IGNOTUS: Este într-adevăr de mirare că electronii se pot deplasa astfel în vid!... Dar, spune-mi, dacă din distracție aș lega bateria pe dos, făcînd catodul pozitiv și anodul negativ, vor merge atunci electronii de la anod la catod?

CURIOSUS: Bineînțeles că nu! Căci anodul trebuie să fie rece și prin urmare nu emite electroni.

IGNOTUS: Deci tubul nostru este pentru electroni o stradă cu sens unic?

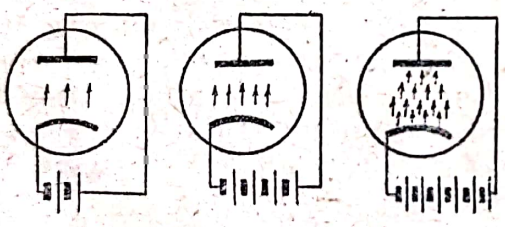
CURIOSUS: Da, dar aceasta se spune într-un fel mai savant, afirmînd că lampa cu doi electrozi (sau *dioda*) este o *supapă electronică*.

IGNOTUS: Cred că într-o diodă curentul este foarte slab.

CURIOSUS: Nu te înşeli, cel puţin în ceea ce priveşte tuburile utilizate în receptoare. Curentul lor depăşeşte rar cîteva zeci de miliamperi.

IGNOTUS: Şi de ce factori depinde acest curent?

CURIOSUS: Înainte de toate, de tensiunea aplicată între anod şi catod; cu cît această tensiune este mai mare, cu atît şi intensitatea curentului este mai mare.



IGNOTUS: Acest lucru îmi pare firesc: cu cît anodul va chema mai puternic electronii, cu atît mai mulţi electroni vor veni la apelul său.

CURIOSUS: Totuşi această regulă nu este adevărată decît pînă la o anumită limită, de la care cu toată mărirea tensiunii, curentul nu va mai creşte.

IGNOTUS: De ce?

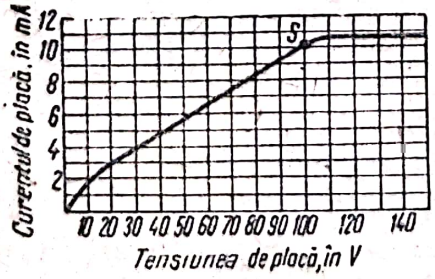


Fig. 27. Curbă care arată variaţia curentului de placă în funcţie de tensiunea de placă. Din punctul *S* începe saturaţia.

CURIOSUS: Fiindcă pentru o anumită tensiune, toţi electronii emişi de catod ajung la anod. Vom avea atunci, cum se spune, *curentul de saturaţie*, sau altfel spus, curentul maxim pe care catodul poate să-l producă (fig. 27).

Ignotus descoperă America

IGNOTUS: Evident, cel mai frumos catod nu poate da decît ceea ce are... Dar, fiind vorba de catod, mi-a venit o idee formidabilă. Eu cred că aş putea chiar s-o brevetez...

CURIOSUS: Care este această invenţie senzaţională?

IGNOTUS: Cred că s-ar putea efectua o mare simplificare a catodului, reunind într-un singur element filamentul de încălzire şi suprafaţa emisivă. Este deajuns, pe scurt, de a trece curentul de încălzire printr-un fir făcut dintr-un metal care are bune proprietăţi emisive. În aceste condiţii, un astfel de fir, încălzindu-se, va emite el însuşi electronii şi va constitui un catod foarte simplu.

CURIOSUS: Felicitările mele, Ignotus. Ai inventat catodul cu *încălzire directă*, care într-adevăr este mai simplu decît catodul cu *încălzire indirectă*, a cărui compoziţie ţi-am explicat-o. Totuşi, invenţia ta ajunge cu oarecare întîrziere, pentru că tuburile cu încălzire directă sînt cunoscute cu mult înainte de tuburile cu încălzire indirectă. De altfel încălzirea directă este folosită încă şi astăzi la receptoarele alimentate la baterie şi, de aşemenea, în anumite tuburi ale receptoarelor alimentate prin curent de la reţea.

IGNOTUS: Hotărît, m-am născut prea tîrziu şi nu mi-a mai rămas nimic de inventat.

În labirintul grilelor

CURIOSUS: Din contra. În domeniul tuburilor mai sînt încă multe de făcut. În ultimii ani, modelele noi de tuburi

se succed cu o viteză vertiginoasă. Mărind numărul de grile, forma și așezarea lor, tehnicienii au ajuns să facă tuburi foarte interesante.

IGNOTUS: Dar la ce servesc aceste faimoase grile despre care-mi vorbești.

CURIOSUS: Grilele — adevărate grilaje metalice, cu ochiuri mai mult sau mai puțin dese, sau spirale cilindrice — sînt așezate în drumul electronilor între catod și anod.

Din punct de vedere pur geometric ele nu constituie un obstacol la trecerea electronilor. Dar fiindcă sînt așezate mult mai aproape de catod decît anodul, ele exercită asupra curentului electronic o influență mult mai mare decît anodul.

IGNOTUS: Acest lucru nu mi se pare prea clar. Despre ce fel de influență vorbești?

CURIOSUS: De influența tensiunii grilei asupra curentului anodic. Să luăm tubul cel mai simplu (după diodă): acesta va fi un tub cu o singură grilă, ceea ce face împreună cu catodul și anodul cel puțin trei electrozi. Îl numim „triodă" și față de modernele „octode" și „dodecaode", are înfățișarea unui bunic...

IGNOTUS: Cu toate acestea, aș prefera să-mi vorbești mai întîi despre triodă. Electronii sînt poate de ajuns de inteligenți pentru a-și găsi drumul printre opt sau doisprezece electrozi, dar eu găsesc că aceasta este al naibii de complicat!

CURIOSUS: Vei vedea mai tîrziu că este foarte simplu... Pentru a-ți arăta influența grilei asupra curentului anodic, într-o triodă, voi așeza între catod și grilă o mică baterie B_g, legată la catod printr-o priză mediană (fig. 28). Voi putea aplica astfel grilei, fie o tensiune negativă (legînd-o la stînga prizei mediane), fie pozitivă (legînd-o la dreapta prizei mediane a bateriei). Voi putea varia astfel tensiunea grilei față de catod de la — 2 la + 2 volți. Tot astfel, tensiunea de placă va putea fi variată prin prizele bateriei de placă B_a, al cărei pol negativ este legat la catod.

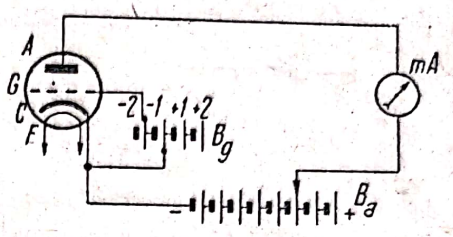


Fig. 28. Montaj care permite compararea influenței relative a tensiunilor de grilă și de placă asupra curentului anodic. Bateria de grilă B_g și bateria de placă B_a sînt cu prize, ceea ce permite modificarea cu ușurință a tensiunii folosite.

IGNOTUS: Văd că pentru placă ai luat o baterie de 120 volți, în timp ce pentru grilă folosești o baterie de numai 4 volți. Pentru ce?

CURIOSUS: Pe bună dreptate, pentru că, după cum vei constata de îndată, slabele variații ale tensiunii de grilă produc asupra curentului anodic același efect ca și puternicele variații ale tensiunii anodului. Dar mai bine convinge-te singur. Pune anodul la 80 volți și grila la — 2 volți. Care este curentul indicat de miliampermetrul mA?

IGNOTUS: Un miliamper.

CURIOSUS: Bine. Acum voi pune grila la — 1 volt, adică voi mări potențialul său cu un volt. Curentul de placă are acum 4 miliamperi. El s-a mărit deci cu 3 miliamperi, pentru o variație de 1 volt a tensiunii de grilă.

IGNOTUS: Eu cred că s-a mărit pentru că grila, devenind mai puțin negativă, respinge mai puțin energic electronii emiși de catod.

Panta și coeficientul de amplificare

CURIOSUS: Evident. Îți spun în treacăt că acea creștere pe care o suferă curentul anodic, pentru creșterea cu 1 volt a tensiunii de grilă, se numește

panta tubului și se măsoară în miliamperi pe volt (mA/V). Astfel, panta triodei noastre este de 3 mA/V, pentru că mărind cu un volt tensiunea de grilă, noi am ridicat cu 3 miliamperi curentul de placă.

IGNOTUS: Dar, după cele ce mi-ai spus mai înainte, vom putea ridica curentul de placă și prin mărirea tensiunii aplicată anodului.

CURIOSUS: Ajung și acolo. Să repunem tensiunea de grilă la — 2 volți și să încercăm acum să mărim curentul de placă cu aceeași valoare de 3 miliamperi, dar făcînd să varieze de astă dată tensiunea de placă. Vezi că sînt obligat de a trece de la +80 la +104 volți, adică să cresc cu 24 volți tensiunea de placă pentru a obține același efect pe care mi l-a dat variația de 1 volt a tensiunii de grilă.

IGNOTUS: Înțeleg acum ce vrei să spui, explicîndu-mi că grila are asupra curentului anodic o influență mai mare ca placa. Într-un cuvînt, cînd grila murmură o tandră chemare către electroni sau cînd placa îi cheamă strigîndu-i din fundul plămînilor, efectul este același.

CURIOSUS: Ai nimerit-o, Ignotus. Cifra care arată de cîte ori este mai mare variația tensiunii de placă decît variația tensiunii de grilă care produce același efect se numește *coeficient de amplificare* al tubului. Care este, de exemplu, coeficientul de amplificare al triodei noastre?

IGNOTUS: După cum am văzut, a trebuit să modificăm tensiunea de placă cu 24 volți, pentru a face curentul de placă să varieze cu 3 miliamperi. Pe de altă parte, a fost obținută aceeași variație modificînd cu numai 1 volt tensiunea de grilă. Prin urmare, variația tensiunii de placă este de 24 ori mai mare decît variația tensiunii de grilă și coeficientul nostru de amplificare este 24.

CURIOSUS: Perfect. Văd că ai înțeles. Vreau ca din tot ce am studiat astăzi să reții mai ales această concluzie importantă: *variații slabe ale tensiunii de grilă provoacă variații puternice ale curentului de placă.*

IGNOTUS: Încep să bănuiesc că din această cauză tuburile pot amplifica.

CURIOSUS: Și nu te înșeli.

CONVORBIREA a 8-a

Ce este „intrarea" și „ieșirea" unui tub electronic? Ce se numește „curbă caracteristică"?... Cum se ridică ea și care este forma ei? Ce este „punctul de funcționare" și „polarizarea"?... De acest fel sînt problemele pe care Curiosus le pune lui Ignotus, examinînd condițiile în care un tub amplifică, fără deformare, tensiunile aplicate între grilă și catod.

Ignotus se poartă foarte rău

CURIOSUS: Ignotus, mama ta mi s-a plîns de felul cum te porți. Ai ticsit masa din sufragerie cu pile, tuburi și bobine, ai făcut acolo o adevărată harababură, iar femeia de serviciu nici acum nu și-a revenit de pe urma căzăturii, împiedicîndu-se de firul pe care l-ai întins pînă la radiatorul caloriferului.

IGNOTUS: Te asigur că toate acestea mă lasă rece. Dar ceea ce mă mîhnește este că receptorul meu nu funcționează.

CURIOSUS: Ai construit un receptor?! Dar cine oare ți-a dat schema??!

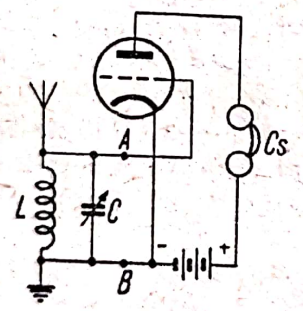


Fig. 29. Receptor după concepția tehnică a lui Ignotus. Tubul este montat corect ca amplificator, dar oscilațiile amplificate nu fac să se audă nici un sunet în casca *Cs*.

IGNOTUS: După părerea mea, cu noțiunile pe care le am despre radioelectricitate nu mi-a fost greu să concep una eu însumi. Iat-o! Vezi că are între antenă și pămînt un circuit de acord *LC*. La bornele *A* și *B* ale circuitului apar — după cum mi-ai explicat — tensiunile alternative de înaltă frecvență, datorită curentului din antenă. Ei bine, aceste tensiuni le aplic între catodul și grila unui tub. Ultima dată, am stabilit că variații slabe ale tensiunii de grilă produc variații puternice ale curentului de placă. Astfel, în casca telefonică *Cs*, pe care am intercalat-o în circuitul de placă, vom avea curenți variabili și... va trebui să auzim muzică (fig. 29).

CURIOSUS: Ai auzit-o?

IGNOTUS: Aș! n-am perceput nici un sunet, probabil că tubul este stricat...

CURIOSUS: Cel mai umitor este faptul că raționamentul tău este perfect... pînă la un punct. Într-adevăr, pentru a folosi proprietățile de amplificare ale tubului, trebuie să aplicăm între grilă și catod tensiunea de amplificat, acești doi electrozi formînd „intrarea" tubului. „Ieșirea" se face între anod și catod, adică în circuitul de placă, acolo unde se culeg oscilațiile amplificate sub forma unui curent de placă variabil. Din acest punct de vedere schema ta este perfectă. Dar din mai multe motive, casca nu va reproduce nici un sunet, deoarece membrana nu poate vibra la frecvența oscilațiilor radioelectrice.

În mediul curbelor

IGNOTUS: Ce-i de făcut atunci?

CURIOSUS: Lasă deocamdată de o parte montajul tău și să ne ocupăm de tub. Ultima dată am examinat foarte sumar dependența care există între

curentul de placă și tensiunea de grilă. Pentru a o cunoaște mai temeinic, să

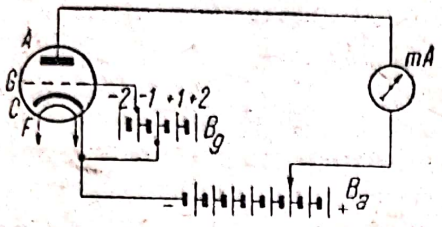


Fig. 30. Dispozitiv pentru ridicarea curbei caracteristice a tubului triodă.

reluăm dispozitivul pe care l-am mai întrebuințat în decursul ultimei noastre convorbiri (fig. 30) și să notăm cu grijă care este valoarea curentului de placă pentru fiecare valoare a tensiunii de grilă.

IGNOTUS: Eu văd că pentru — 4 volți de grilă, curentul este nul; grila este prea negativă și respinge toți elec-

tronii. Pentru — 3 V avem 0,2 mA; pentru — 2 V, 1 mA; pentru — 1 V, 4 mA; pentru 0 V, 7 mA; pentru + 1 V, 10 mA; pentru + 2 V, 11 mA; pentru + 3 V și pentru toate tensiunile mai mari, valoarea curentului este de 12 mA și această valoare nu se mai schimbă.

CURIOSUS: Folosind aceste valori să trecem la trasarea *curbei caracteristice* a tubului (fig. 31). Această curbă constituie, într-un anumit fel, pașaportul (certificatul de însoțire) tubului. Ea ne informează asupra proprietăților tubului și ne permite astfel să-l utilizăm mai bine. Se pot distinge, în această curbă, trei părți diferite. Întîi, de la extremitatea din stînga pînă la punctul *A* este *cotul inferior*. Apoi, între *A* și *B*

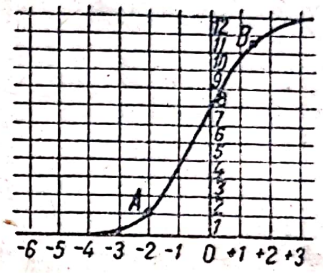


Fig. 31. Curba caracteristică a unui tub triodă.

curentul crește proporțional cu tensiunea de grilă; aceasta este *partea liniară* a curbei. În sfîrșit, începînd de la *B* avem *cotul superior*, urmat de un palier orizontal care corespunde saturației: toți electronii emiși de catod ajung la anod.

IGNOTUS: Am fi avut aceeași curbă dacă în loc de 80 V am fi aplicat la anod o tensiune diferită?

CURIOSUS: Desigur că nu. Dacă, de exemplu, tensiunea de placă este superioară, anodul atrage mai puternic electronii și, prin urmare, pentru aceeași tensiune de grilă, curentul de placă este

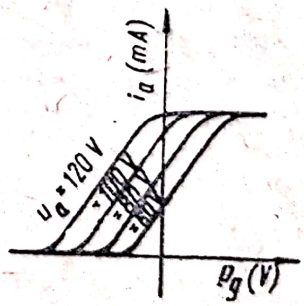


Fig. 32. Familie de curbe din care fiecare corespunde la o tensiune de placă u_a determinată.

superior. Se poate trasa de altfel o curbă caracteristică pentru fiecare tensiune de placă și obținem o întreagă „familie" de caracteristici (fig. 32).

IGNOTUS: Eu văd că aceste caracteristici se deplasează spre stînga pe măsură ce tensiunea de placă crește.

CURIOSUS: De altfel, este adesea necesar să folosim tensiuni de placă ridicate, pentru a deplasa curba caracteristică (și mai ales partea sa liniară) la stînga punctului zero al tensiunii de grilă.

Zona interzisă

IGNOTUS: Îți mărturisesc că nu prea văd utilitatea acestui lucru.

CURIOSUS: Vei înțelege mai tîrziu. Să știi, deocamdată, că se preferă menținerea grilei într-o zonă de tensiuni negative (adică la stînga punctului zero) pentru a evita apariția curentului de grilă, care se formează cînd grila devine pozitivă.

IGNOTUS: Curent de grilă?... Ce-o mai fi și asta?

CURIOSUS: Lucru ușor de înțeles. Cînd grila devine pozitivă față de catod, ea acționează ca și anodul și atrage electronii. Se naște astfel un curent de la catod spre grilă, curent foarte slab, dar putînd, după împrejurări, să producă efecte foarte neplăcute.

IGNOTUS: Cauze mici, efecte mari, cum zice unchiul meu care alunecînd pe o coajă de banană și-a rupt un picior... Dar cum putem menține grila în zona tensiunilor negative, după eleganta ta expresie?

CURIOSUS: Înainte de toate, se cuvine să distingi perfect deosebirea care există între *tensiunea medie* a grilei, sau cum se spune *punctul său de funcționare*, și *valoarea instantanee* a tensiunii sale. Tensiunea medie este aceea care se aplică grilei în repaus, adică în lipsa semnalelor, sau, cu alte cuvinte, a tensiunilor alternative.

IGNOTUS: Dar eu îmi închipui că, în mod firesc, grila trebuie să se găsească la același potențial cu catodul, adică la potențialul zero.

CURIOSUS: Greșeală! La majoritatea tuburilor amplificatoare, grila este *polarizată* negativ față de catod, adică i se aplică o anumită tensiune negativă, de exemplu cu ajutorul unei mici pile care nu va debita nici un curent (fig. 33).

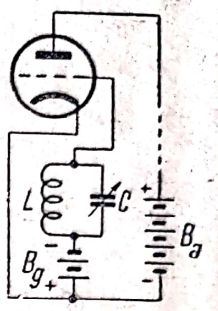


Fig. 33. Grila este polarizată de către pila B_g de tensiune mică.

IGNOTUS: Da, înțeleg. E adevărat, pentru că grila rămîne în zona tensiunilor negative.

CURIOSUS: Desigur. Dar, în afară de această tensiune permanentă, grilei unui tub amplificator i se mai aplică și tensiuni alternative. Presupune, de exemplu, că în afară de tensiunea de polarizare de — 9 volți, aplicăm grilei o tensiune alternativă de 5 volți. Care vor fi atunci tensiunile instantanee extreme ale grilei?

IGNOTUS: În timpul alternanței negative grila va ajunge la —9—5=—14 volți și în timpul alternanței pozitive, la —9+5=—4 volți.

CURIOSUS: Bravo! Văd că nu stai prea rău cu algebra!... Acum să presupunem că grila n-a fost polarizată decît la — 3 volți. Aplicînd, în plus, aceeași tensiune alternativă...

IGNOTUS: ...Vom avea de o parte —3—5=—8 volți, de altă parte—3+ +5=+2 volți... Ah! Văd că în ultimul caz am ajuns în zona interzisă a tensiunilor pozitive, cu curentul lor de grilă și consecințele sale neplăcute. Iată că polarizarea, suficientă în primul caz, nu mai este suficientă acum.

Condițiile de bună funcționare

CURIOSUS: Concluziile tale corespund unei înțelegeri juste... Vedem deci că polarizarea negativă aplicată grilei trebuie să fie cel puțin egală cu ampli-

tudinea tensiunii alternative. Pe de altă parte, însă, mai este încă o condiție importantă pentru ca amplificarea să se efectueze fără deformații: trebuie ca tubul să funcționeze în partea liniară a curbei sale.

IGNOTUS: Nu-i văd rostul.

CURIOSUS: Pentru a evita deformațiile, trebuie ca variațiile curentului

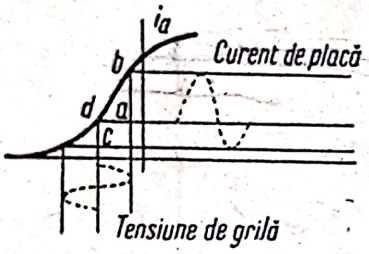


Fig. 34. Dacă tubul funcționează în cotul curbei, curentul este deformat.

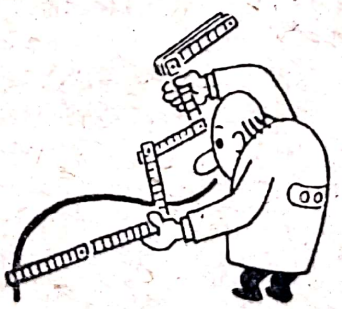
de placă să fie riguros proporționale cu variațiile tensiunii de grilă. Făcînd tubul să funcționeze în porțiunea liniară, vom avea această proporționalitate. Dar presupune că tensiunile instantanee ale grilei ating o parte cotită (fig. 34). În aceste condiții, o alternanță pozitivă va da o creștere *ab* a curentului de placă superioară creșterii *cd*, produsă de alternanța negativă.

IGNOTUS: Da, curba obținută pentru curentul de placă nu este la fel de simetrică ca cea a tensiunii de grilă.

CURIOSUS: Perfect. Deci, tu cunoști acum cele mai bune condiții de folosire a tuburilor ca amplificatoare.

IGNOTUS: Da, dar nu cunosc încă modul de a monta un receptor care funcționează și nu știu deocamdată la ce folosesc numeroasele grile ale tuburilor moderne, despre care mi-ai vorbit.

CURIOSUS: Ne rămîn deci, încă destule subiecte pentru convorbirile noastre.



CONVORBIREA a 9-a

În această convorbire, consacrată în întregime emisiei, Curiosus expune mecanismul heterodinei sau oscilatorul cu tub și mersul modulației muzicale care servește la încorporarea joasei frecvențe în înalta frecvență.

Călătoriile ciudate ale JF

IGNOTUS: Scuză-mă că stărui din nou, dar mi-ai promis că-mi vei explica de ce montajul pe care l-am realizat nu poate funcționa.

CURIOSUS: Pentru asta trebuie să știi care este forma curentului pe care undele electromagnetice îl induc în antena ta. Și aceasta mă obligă să-ți expun funcționarea radioemițătorului.

IGNOTUS: Eu știu că există un studio și în studio un microfon.

CURIOSUS: Perfect. Văd că ai studiat problema în fond. Dar știi tu ce este microfonul?

IGNOTUS: Desigur, Noi avem unul la telefon. L-am deschis deunăzi și am găsit acolo mici grăunțe de cărbune.

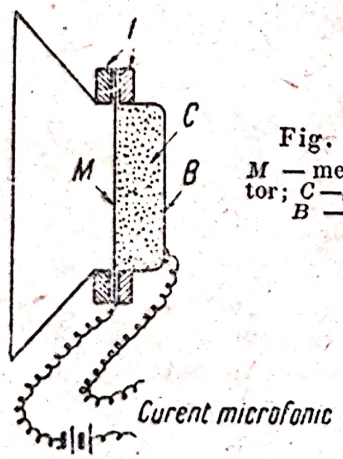


Fig. 35. Microfon: *M* — membrană; *I* — izolator; *C* — grăunțe de cărbune; *B* — cutie metalică.

Din ziua aceea telefonul nostru funcționează prost...

CURIOSUS: Știi deci că microfonul servește la captarea sunetelor și la...

IGNOTUS: ...transformarea lor în curent electric.

CURIOSUS: Nu e chiar așa. Un microfon se compune dintr-o membrană metalică subțire, despărțită prin grăunțe de cărbune de o cutie metalică. Curentul unei baterii trece de la membrană la cutie prin grăunțele de cărbune. Intensitatea acestui curent depinde, evident, de rezistența cărbunelui. Dar aceasta variază după presiunea exercitată de membrană.

IGNOTUS: Înțeleg: fiind mai comprimate, grăunțele au o suprafață de contact mai mare și curentul trece mai ușor. Dar ce schimbă presiunea membranei?

CURIOSUS: Undele sonore care o fac să vibreze. N-ai învățat, dragul meu, în cursul tău de fizică, că sunetul nu este altceva decît o vibrație a moleculelor aerului, care oscilează în sensul propagării sunetului cu frecvențe care merg, după *înălțimea sunetului*, de la 16 perioade pe secundă, pentru nota audibilă cea mai gravă, pînă la 16 000 perioade pe secundă, pentru notele cele mai ascuțite. De altfel, anumiți savanți pretind că urechile deosebit de sensibile percep sunete de 40 000 perioade pe secundă.

IGNOTUS: Astfel, dacă te-am înțeles bine, undele sonore lovesc membrana microfonului și, făcînd-o să vibreze, comprimă mai mult sau mai puțin grăunțele de carbon și fac să varieze intensitatea curentului.

CURIOSUS: Exact. În acest fel, *curentul microfonic* traduce fidel prin variațiile sale toate vibrațiile sunetului. De altfel, în radio noi n-avem de-a face cu sunetul decît la extremitățile căii de transmisie: la început, în fața microfonului, și la sfîrșit, în fața difuzorului. Între ele, sunetul va fi reprezentat de curentul microfonic pe care-l mai numim *curent muzical* sau curent de *joasă frecvență*, știut fiind că frecvența sa este foarte mică în raport cu aceea a curenților care asigură nașterea undelor electromagnetice, curent numit de *înaltă frecvență*.

IGNOTUS: Ghinion! Încă o idee care cade baltă, înainte chiar de a o fi enunțat!... Tocmai voiam să-ți propun de a trimite curentul microfonic direct în antena emițătorului, pentru a da naștere undelor radioelectrice... și văd că trebuie să folosesc în acest scop curenți de înaltă frecvență.

CURIOSUS: Vezi tu, Ignotus, curentul microfonic poate fi asemănat cu un călător, care pentru a ajunge la o destinație îndepărtată se servește de un tren de curenți de înaltă frecvență. El ia loc în el în gara de plecare (emițător) și-l părăsește la sosire (receptor). Astfel, înalta frecvență joacă numai rolul auxiliar de mijloc de transport pentru curentul de joasă frecvență.

IGNOTUS: Ceea ce-mi explici tu este foarte simplu, dar în realitate aceasta trebuie să fie al naibii de complicat, căci nu văd de loc cum joasa frecvență se așază în înalta frecvență, este purtată de ea, apoi o părăsește.

CURIOSUS: Toate acestea sînt totuși foarte simple și tu le vei înțelege cînd îți voi explica funcționarea heterodinei.

Cum se fabrică ÎF

IGNOTUS: Am citit în anunțurile constructorilor de echipament de radio că ei vînd „superheterodine, dar ei nu vorbesc niciodată despre heterodine simple. Este aceasta o exagerare de publicitate?

CURIOSUS: Nu, liniștește-te. Superheterodina este un montaj de recepție despre care-ți voi vorbi mai tîrziu. În schimb, heterodina este un dispozitiv care servește la producerea de curenți alternativi de înaltă sau joasă frecvență. Atunci cînd heterodina produce curenți de înaltă frecvență și aceștia sînt dirijați într-o antenă, ea constituie un emițător de radio. Dacă, pe lîngă aceasta, un curent microfonic se suprapune peste curentul de înaltă frecvență, sau dacă, cum se spune, îl *modulează*, avem un emițător radiofonic.

IGNOTUS: Dar eu aș vrea să știu cum este făcută această heterodină. Este un soi de alternator mare, ca acelea care sînt instalate în centralele electrice?

CURIOSUS: Nu, prietene! După cum o bucătăreasă pricepută cunoaște mii de feluri de a prepara ouăle, radiotehnicienii știu să acomodeze tubul electronic la mii de întrebuințări diverse. Iată schema foarte simplă a heterodinei (fig. 36, *a*). Ce vezi acolo?

IGNOTUS: Văd un circuit oscilant LC, legat între grilă și catod. Pe de altă parte, o bobină L' este intercalată în circuitul de placă. În sfîrșit, o pilă B_g polarizează grila negativ în raport cu catodul.

CURIOSUS: Observă de asemenea că bobinele L și L' sînt astfel dispuse, că între ele există un cuplaj inductiv. Pe de altă parte, înfășurările lor merg în același sens, adică, mergînd de la catod la grilă în L, curentul se va întoarce ca și în L', mergînd de la anod la polul pozitiv al bateriei de înaltă tensiune, B_a.

IGNOTUS: Toate acestea sînt clare în desenul tău, dar care este scopul urmărit?

CURIOSUS: Consideră momentul punerii în funcțiune a acestui montaj. Ce se va întîmpla?

IGNOTUS: Nimic deosebit... Electronii emiși de catod sînt atrași de anod, prin grilă; ei traversează apoi bobina L', de la stînga la dreapta, și trecînd prin bateria B_a revin la catod. Eu nu văd nimic mai mult.

CURIOSUS: În realitate, acolo se va petrece ceva în plus, căci, nu uita, bobinele L și L' sînt cuplate prin inducție.

IGNOTUS: Adevărat!... Deci, în momentul cînd în bobina L' va începe să circule un curent, mergînd de la stînga la dreapta, el va induce în bobina L un curent de sens contrar, în virtutea spiritului de contrazicere al inducției.

CURIOSUS: Este adevărat: deoarece curentul în L' este în creștere, curentul indus în L va fi de sens contrar, pentru a se opune astfel la creșterea curentului inductor.

IGNOTUS: Acum, acest curent, mergînd în L de la dreapta spre stînga, va antrena electronii din grilă și din armătura din dreapta a condensatorului C și îi va îngrămădi pe catod și pe acesta va induce în L un curent mai puternic, care va face grila mai pozitivă și...

CURIOSUS: Stop!... Dacă vei continua astfel, vei ajunge să vorbești de milioane de amperi. Nu uita deocamdată că curentul de placă nu poate crește la infinit.

IGNOTUS: Într-adevăr, el este limitat la valoarea curentului de saturație. Prin urmare, atunci cînd grila va fi suficient de pozitivă încît curentul de placă să ajungă la saturație, acesta nu va mai crește. Și cum el nu va mai varia, nu va mai fi nici un curent în bobina L.

CURIOSUS: Ce greșeală! Desigur că nu va mai fi curent indus de L'. Dar nu vezi că atunci condensatorul C va fi încărcat?

IGNOTUS: Într-adevăr. El va începe să se descarce, făcînd grila mai negativă. Dar, pare-mi-se că în aceste condiții curentul de placă va începe să descrească.

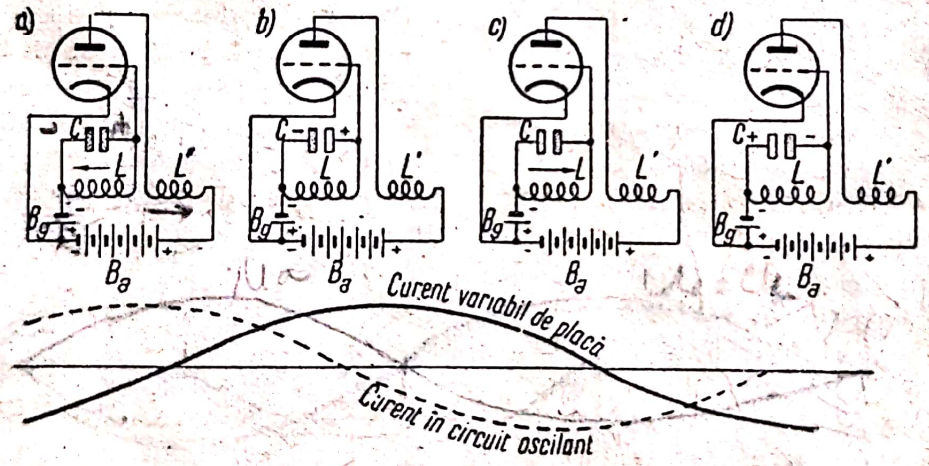


Fig. 36. Patru faze ale oscilației curentului într-un oscilator și, dedesubt, curbele de variație a curentului în bobina de placă L' și în bobina de grilă L. De observat repartiția electronilor în armăturile condensatorului C.

armătura din stînga a condensatorului C (fig. 36, *b*).

CURIOSUS: Vezi deci că grila va deveni mai pozitivă.

IGNOTUS: Dar atunci ea va produce o nouă creștere a curentului de placă;

CURIOSUS: Bineînțeles. Și această nouă variație de curent în L' va provoca în L un nou curent indus; dar ce sens va avea el acum?

IGNOTUS: Fără îndoială că de la stînga la dreapta. Mai întîi, pentru că

m-ai întrebat pe acest ton... și apoi, deoarece curentul în L' este în descreștere, curentul în L, cu spiritul său de contrazicere, va merge în același sens, pentru a se opune acestei descreșteri.

CURIOSUS: Iată o logică perfectă! Prin urmare, atunci cînd condensatorul C va fi descărcat (fig. 36, *c*) lucrurile nu se vor opri aci. Curentul din L' va continua să inducă în L un curent care, făcînd grila din ce în ce mai negativă, va face pînă la sfîrșit să dispară curentul de placă.

... Și totul reîncepe!...

IGNOTUS: Dar, după cum văd (fig. 36, *d*), condensatorul va fi în acel moment reîncărcat. El va începe deci să se descarce. Grila va deveni mai puțin negativă. Va exista din nou un curent de placă care va merge în creștere...

CURIOSUS: Și totul va reîncepe! Observi că am revenit la situația în care ne găseam atunci cînd am început raționamentele noastre?

IGNOTUS: Adevărat. Dar, pe legea mea, este al naibii de complicat!

CURIOSUS: Ei aș! Examinează curentul în circuitul de grilă (LC) și în circuitul de placă. Vei vedea că în circuitul de grilă merge într-un sens, crește și descrește, schimbă din nou sensul și așa mai departe.

IGNOTUS: Este deci un curent alternativ?

CURIOSUS: Întocmai cum ai spus. Și de ce frecvență?

IGNOTUS: Desigur, de frecvența proprie a circuitului oscilant LC, deoarece avem aici o încărcare și o descărcare alternativă a condensatorului C prin bobina L, după cum mi-ai explicat mai înainte.

CURIOSUS: Adevărat. Numai că în loc de a se amortiza și a se opri după cîteva oscilații, curentul alternativ este întreținut de adaosul constant de energie, furnizat de bateria de placă B_a prin inducția cuplajului dintre L' și L.

IGNOTUS: Cred c-am înțeles. Pe scurt, mișcarea electronilor în circuitul oscilant este, după cum am mai spus, asemănătoare celei a pendulului. Și după cum un pendul se oprește după un anumit număr de balansări, dacă nu-l ajută nimic să-și mențină mișcarea, tot așa și electronii unui circuit oscilant își opresc și ei trecerea alternativă de la o armătură a condensatorului la alta prin bobină. Pentru ca la un orologiu mișcarea pendulului să fie întreținută, este nevoie de un resort încordat (răsucit) care să comunice pendulului la fiecare balansare un șoc foarte mic. În heterodină, bateria B_a joacă rolul de resort.

CURIOSUS: Și cine joacă rolul de regulator?

IGNOTUS: Grila.

CURIOSUS: Ignotus, te felicit și prevăd că vei face o carieră strălucită în radio.

IGNOTUS: Mulțumesc! Dar acum cînd știu cum heterodina produce curenți întreținuți de înaltă frecvență, ai putea să-mi spui cum se face emisia?

CURIOSUS: Foarte simplu. Este vorba de a transmite curentul alternativ, antenei. Noi o facem prin inducție, cu-

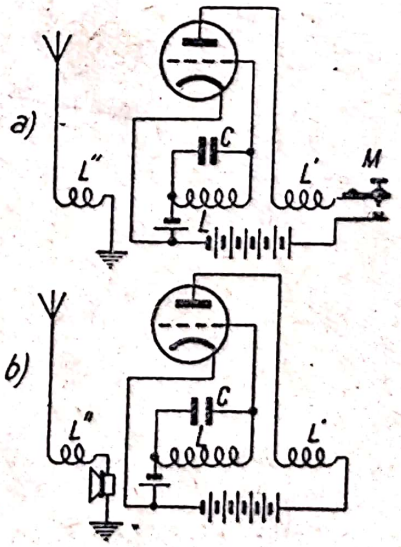


Fig. 37: *a* — emițător de radiotelegrafie și manipulatorul său M; *b* — emițător radiotelefonic.

plînd cu bobina L o bobină L'', intercalată între firul de antenă și priza de pămînt (fig. 37). Introducînd în

circuitul de placă un *manipulator* sau o „cheie Morse", vom putea emite semnale scurte sau lungi, corespunzătoare

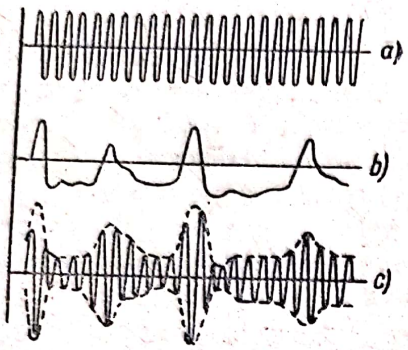


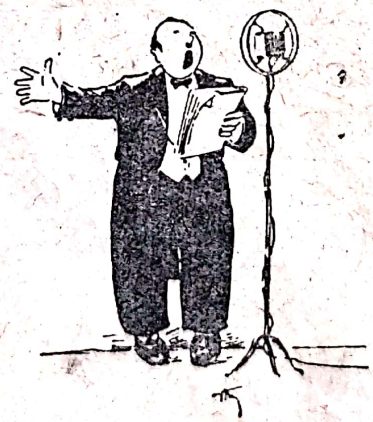
Fig. 38:
a — curent de înaltă frecvență nemodulat; *b* — modulația de joasă frecvență a microfonului; *c* — curent de înaltă frecvență modulat.

„punctelor" sau „liniilor" alfabetului Morse. Vom face astfel radiotelegrafie.

IGNOTUS: Pe mine mă interesează însă radiofonia. Și mi-ai promis că-mi vei explica cum așezăm călătorul de joasă frecvență în curentul de înaltă frecvență.

CURIOSUS: Ai dreptate. Dar și acest lucru e foarte ușor de făcut. Putem, de exemplu, să așezăm microfonul în circuitul antenei. Cum rezistența microfonului variază sub efectul undelor sonore, curentul din antenă va varia la rîndul său în intensitate. Cu alte cuvinte, în locul unei serii de oscilații întreținute de amplitudine egală (fig. 38, *a*) vom avea o serie de oscilații de amplitudine variabilă (fig. 38, *c*) sau un curent de înaltă frecvență *modulat*.

IGNOTUS: Înțeleg. Cînd rezistența microfonului crește, amplitudinile scad. Această modificare de amplitudine este aceea care cuprinde în ea curentul muzical.



CONVORBIREA a 10-a

Trei elemente sînt indispensabile în cel mai simplu receptor: colectorul de unde (antena), detectorul și difuzorul sau casca. În această convorbire, cei doi prieteni examinează rolul și mecanismul detecției. Ei încep, bineînțeles, prin metoda cea mai simplă: detecția cu diodă. Galena, care numără totdeauna foarte mulți adepți, nu este nici ea uitată. În sfîrșit, Curiosus arată ce este „detecția pe placă".

Sosirea trenului în gară

IGNOTUS: Mi-e necaz pe tine, dragă Curiosus, că m-ai părăsit pentru examenele tale tocmai cînd discuția era mai pasionantă. Ultima oară, după ce am așezat călătorul „joasă frecvență" în trenul „înaltă frecvență", am dat semnalul de plecare... și trenul nostru de înaltă frecvență modulată aleargă mereu.

CURIOSUS: Într-adevăr, e timpul să-l oprim. Tu știi, de altfel, că undele se vor opri în gara de sosire pe care o numim „antena de recepție". Aceste unde dau loc în antenă unui curent de înaltă frecvență modulat, care este o reproducere fidelă, deși mult mai slabă, a curentului care circulă în antena de emisie.

IGNOTUS: Îmi amintesc chiar că, pentru a avea o anumită selectivitate, noi plasăm în antena de recepție (sau cuplăm cu ea) un circuit oscilant, la bornele căruia vor apare tensiuni alternative. Eu am vrut să aplic aceste tensiuni la o cască telefonică, dar tu mi-ai spus că nu voi auzi nimic. Și de fapt nici n-am auzit nimic.

CURIOSUS: Astăzi vei înțelege ușor cauza eșecului tău. Nu uita că ai vrut să aplici căștii tensiunile de înaltă frecvență modulate. Or, membrana căștii este prea greoaie pentru a oscila cu o frecvență atît de ridicată ca aceea pe care noi o numim „înaltă frecvență"; inerția sa se opune hotărît la aceasta.

IGNOTUS: Dar, dacă am putea fabrica o membrană atît de subțire și atît de ușoară, ca ea să poată vibra la înaltă frecvență...

CURIOSUS: ...Chiar atunci n-ai să auzi nimic, pentru că urechea ta nu poate să perceapă sunete de frecvență atît de înaltă. Mai mult, curentul de această frecvență nu va putea să străbată înfășurările căștii, a căror inductanță îi opune un obstacol greu de învins.

IGNOTUS: Dar, de fapt, nu ne interesează de loc acest curent de înaltă frecvență. Modulația de joasă frecvență este aceea pe care noi vrem s-o facem auzită. Cît despre înalta frecvență, rolul său de tren s-a terminat. Nu ne rămîne decît să facem să iasă din ea călătorul de joasă frecvență.

CURIOSUS: Ai perfectă dreptate: operația care are drept scop de a extrage, de a scoate în evidență joasa frecvență din curentul de înaltă frecvență poartă numele de *detecție*.

IGNOTUS: Dacă am înțeles bine, detecția este contrariul modulației, unde noi încorporăm joasa frecvență în înaltă frecvență.

CURIOSUS: Chiar așa. În curentul modulat, joasa frecvență este exprimată prin variația amplitudinilor curentului de înaltă frecvență. Redresîndu-l pe acesta din urmă, vom face să apară joasa frecvență.

IGNOTUS: Nu văd cum se petrece aceasta.

CURIOSUS: Este totuși simplu. Pentru a redresa curentul, este de ajuns

de a pune în calea sa un conductor cu conductibilitate unilaterală, adică un conductor care lasă curentul să treacă ușor într-un sens, dar care îi interzice trecerea în sens contrar.

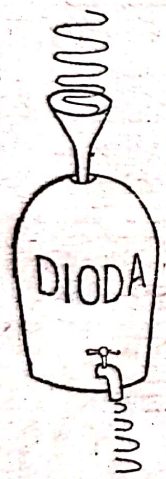
IGNOTUS: Eu nu văd de loc cum lucrează un astfel de conductor-redresor.

CURIOSUS: Cu toate acestea, ai cunoscut unul: dioda, în care electronii pot merge de la catod la anod, dar nu și invers.

IGNOTUS: Adevărat... Nu m-am mai gîndit la asta.

Și iată cum se detectează...

CURIOSUS: Ei bine, în loc de a lega la bornele circuitului oscilant numai casca, vom așeza în serie cu ea o diodă (fig. 39). În acest caz, tensiunile de înaltă frecvență modulate (fig. 41, *a*) vor da naștere prin diodă și cască unui curent unilateral (fig. 41, *b*). Fără diodă, am avea impulsuri de înaltă frecvență, mergînd alternativ în cele două sensuri. Datorită acțiunii de redresare a diodei, toate impulsurile sînt dirijate în același sens.



IGNOTUS: Evrica! Am înțeles!... Pentru că merg în același sens, ele vor exercita asupra membranei căștii acțiuni care, adunîndu-se, o vor atrage mai mult sau mai puțin. Spun „mai mult sau mai puțin", pentru că amplitudinile acestor impulsuri nu sînt egale. Ele variază și desigur că în această variație este găzduită joasa noastră frecvență muzicală, care va face ca membrana căștii să vibreze în aceeași cadență cu a sa.

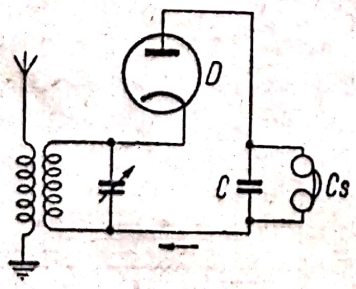


Fig. 39. O diodă *D* permite redresarea oscilațiilor care, astfel detectate, devin audibile în casca *Cs*.

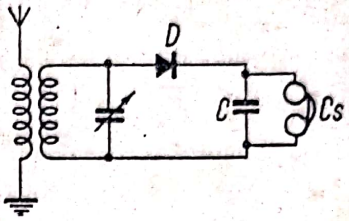


Fig. 40. Un detector *D* cu contact poate asigura detecția curenților slabi.

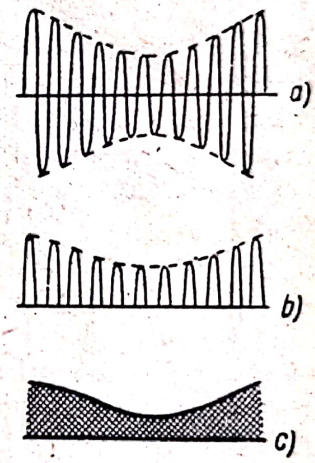


Fig. 41:
a — oscilație de înaltă frecvență modulată; *b* — oscilație redresată; *c* — curent de joasă frecvență.

Rezervorul de acumulare și de distribuire a electronilor

CURIOSUS: În linii mari, ai ghicit bine mersul fenomenului. Dar, în raționamentele noastre, n-am ținut seamă de faptul că impulsurile, chiar unilaterale (fig. 41, *b*) dar de înaltă frecvență, nu pot traversa înfășurările căștii și aceasta din cauza inductanței lor.

IGNOTUS: Atunci?... Nu vom auzi nimic?

CURIOSUS: Ba da, dar cu condiția de a aduna aceste impulsuri înainte de a le aplica la cască. În acest scop, vom lega la bornele căștii un mic condensator C (fig. 39), pe care impulsurile îl vor încărca mai mult sau mai puțin cu electroni. Apoi acest condensator se va descărca prin cască. Sarcina este mai mare sau mai mică după amplitudinea impulsurilor. Se va întîmpla, evident, același lucru în ceea ce privește curentul de descărcare (fig. 41, *c*) care va traversa casca și care va fi un adevărat curent de joasă frecvență.

IGNOTUS: Pe scurt, condensatorul C joacă rolul de rezervor care acumulează sarcinile ce se succed foarte repede și le debitează apoi continuu!

CURIOSUS: Comparația ta este excelentă. Mergînd cu asemănarea mai departe, poți compara condensatorul C

cu un rezervor destinat să capteze picăturile de ploaie și al cărui robinet va lăsa să curgă un șuvoi continuu, mai puternic sau mai slab, după intensitatea ploii.

Ignotus a înțeles detecția

IGNOTUS: Voi încerca să rezum tot ce mi-ai spus despre detecție. Tensiunile de înaltă frecvență modulate sînt redresate de diodă. Obținem atunci o succesiune de impulsuri de înaltă frecvență, unilaterale, de amplitudine inegală. Aceste impulsuri încarcă permanent condensatorul C, care debitează un curent de joasă frecvență asupra căștii telefonice... și noi ascultăm muzica... Ah, dacă aș avea o diodă, aceasta nu s-ar mai risipi.

CURIOSUS: Inutil!... Dioda nu este indispensabilă decît atunci cînd este vorba de a redresa tensiuni relativ importante. Dar pentru tensiuni slabe va fi de ajuns un detector cu contact (fig. 40).

IGNOTUS: Vrei probabil să vorbești despre străvechiul detector cu galenă care se compune dintr-un cristal de galenă și dintr-un vîrf metalic care se reazemă liber pe suprafața sa?

CURIOSUS: Nu numaidecît. Un detector cu contact poate fi construit în mai multe feluri. De îndată ce punem în contact două conductoare care prezintă o oarecare disimetrie (diferență de compoziție chimică sau de temperatură), conductibilitatea nu mai este aceeași în cele două sensuri. Și cum nu există practic două corpuri absolut identice, se poate spune că toate contactele sînt redresoare! Totuși, anumite contacte posedă proprietăți de redresare mai evidente decît altele. Astfel, contactul dintre sulfura de plumb (galena) cu un metal constituie un excelent detector, care n-are alt defect decît faptul că nu suportă decît un curent slab și că este instabil.

IGNOTUS: Oh da, știu. Căutarea „punctului sensibil" al galenei este de altfel un joc pasionant.

CURIOSUS: Cu toate acestea există detectoare cu contact lipsite de aceste defecte, cum este contactul dintre cupru și oxidul de cupru sau acela dintre germaniu și un vîrf de oțel. Acest din urmă detector se pretează foarte bine la detecția curenților de foarte înaltă frecvență, astfel că este utilizat în radar.

IGNOTUS: Ori cum ar fi, văd că un detector este totdeauna un redresor.

CURIOSUS: Da. Cu toate acestea se poate tot atît de bine proceda la această redresare într-un fel mai puţin direct decît acela pe care l-am studiat pînă

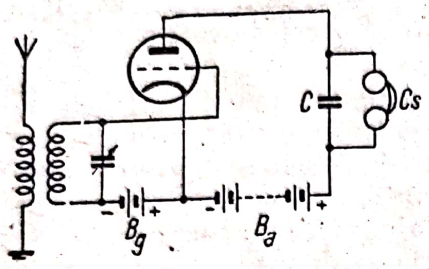


Fig. 42. Schema de detecţie prin curbura caracteristicii de placă.

acum. Se foloseşte în acest scop un tub amplificator, a cărui grilă este polarizată de o baterie B_g (fig. 42) la o tensiune

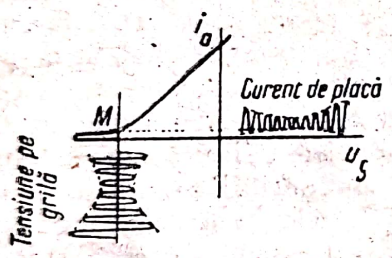
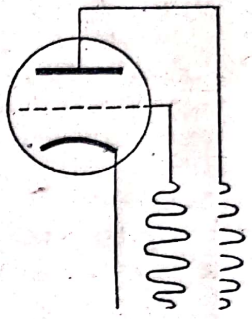


Fig. 43. În punctul de funcţionare M, tensiunile alternative de grilă dau naştere unui curent redresat în placă.

negativă, pentru care curentul de placă este aproape nul (punctul M al cotului inferior al caracteristicii tubului în fig. 43). Se aplică tensiunile de înaltă frecvenţă modulate între grilă şi catod. Alternanţele pozitive fac să apară un curent de placă mai mult sau mai puţin puternic. Din contra, alternanţele negative, făcînd grila mai negativă decît era, nu dau practic nici un curent în circuitul de placă.



IGNOTUS: Văd foarte bine ce se întîmplă. În circuitul de placă avem o serie de impulsuri unilaterale de curent care se succed cu înalta frecvenţă şi a căror intensitate variază. Micul condensator C ne va da posibilitatea să le adunăm şi descărcîndu-le în difuzor îl va alimenta cu un curent de joasă frecvenţă în acelaşi fel ca şi în cazul detecţiei prin diodă.

CURIOSUS: Ai înţeles foarte bine detecţia. Metoda reprezentată în fig. 42 se numeşte *detecţie prin curbura caracteristicii de placă*. Prietenii tăi ţi-au vorbit probabil despre „detecţia pe grilă". Dar să nu-i crezi. Este un termen care serveşte la ascunderea ignoranţei „tehnicienilor" care n-au înţeles tehnica. Asupra acestei aşa-zise detecţii vom reveni curînd.

CONVORBIREA a 11-a

De data aceasta, îndelungata discuție a celor doi prieteni ai noștri este consacrată amplificării. După ce a stabilit necesitatea atît a curenților de ÎF cît și a celor de JF, Curiosus expune principiul cuplajului prin transformator. Incidental, el examinează diferite „probleme alimentare", mai ales metoda polarizării generale folosită în receptoarele alimentate cu curent de la rețea.

Oboselile călătoriei

IGNOTUS: Datorită ultimei noastre convorbiri, dragă Curiosus, știu în sfîrșit cum se procedează la detecție, cu alte cuvinte cum călătorul de joasă frecvență coboară din trenul de înaltă frecvență care l-a adus la receptor. Acum ard de nerăbdare să încep montajul unui aparat de recepție, la urma urmelor foarte modest, căci el se va compune numai dintr-un circuit de acord, un detector și un difuzor.

CURIOSUS: Hotărît, Ignotus, ești plin de idei irealizabile! Difuzorul tău va rămîne mut ca un pește. Nu uita că după ce a făcut o călătorie cu 300 000 kilometri pe secundă, călătorul tău ajunge la receptor foarte obosit și slăbit!...

IGNOTUS: Are și pentru ce!...

CURIOSUS: Curentul va fi deci prea slab pentru a pune în mișcare membrana difuzorului. Trebuie întărit, amplificat, după detecție și înainte de a-l aplica la difuzor. Acesta este rolul *amplificării de joasă frecvență*, iar ca scop final de a mări amplitudinea curentului muzical. Dar, pe de altă parte, călătorul venind de departe va fi atît de extenuat că nu va avea nici măcar puterea de a coborî din tren. Cu alte cuvinte, curentul pe care undele îl vor genera în antena receptorului va fi atît de slab, că va fi imposibil de a-l detecta.

IGNOTUS: Cred c-ar fi bine, în acest caz, de a întări călătorul înainte chiar de a coborî din tren.

CURIOSUS: Chiar așa se și face. Înainte de a detecta curentul de înaltă frecvență, acesta se amplifică, pentru a-l face perfect „detectabil". Datorită acestei *amplificări de înaltă frecvență* se ajunge să se detecteze chiar semnale foarte slabe. Ea contribuie deci la mărirea *sensibilității* receptorului și, prin urmare, a razei sale de recepție.

Ignotus formulează problema

IGNOTUS: Pe scurt, într-un receptor bine conceput, amplificarea este necesară și înainte și după detecție (fig. 44).

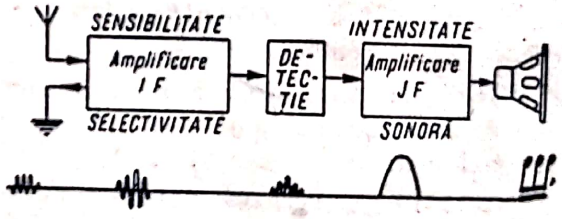


Fig. 44. Schema cea mai... schematică a unui receptor.

Dar în ceea ce privește amplificarea, cred că noi am învățat pînă acum totul.

CURIOSUS: Greșești amarnic, prietene. Tu știi precis în ce constă rolul amplificator al tubului. Ți-am explicat într-adevăr cum cele mai mici variații ale tensiunii aplicate la intrare, adică între grilă și catod, provoacă variații relativ mari ale curentului de placă. Dar habar n-ai cum se stabilesc circuitele de legătură care permit legarea consecutivă a două tuburi amplificatoare.

IGNOTUS: Profesorul meu de matematică a spus totdeauna că o problemă clar formulată este pe jumătate rezolvată. Voi încerca deci să enunț bine problema pe care intenționezi să mi-o pui. În tubul din fig. 45 noi avem o

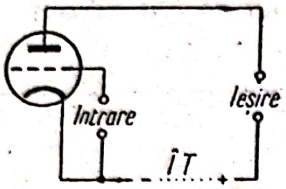


Fig. 45. Cele patru „puncte cardinale" ale tubului: intrarea între grilă și catod; ieșirea între anod și + ÎT.

„intrare": grila și catodul. Între acești doi electrozi vom aplica o tensiune alternativă de înaltă sau de joasă frecvență. Pe de altă parte, avem o „ieșire": circuitul de placă unde, între anod și polul pozitiv al sursei de înaltă tensiune, putem culege curentul variabil. Dar nu un curent variabil ne trebuie pentru a acționa asupra tubului următor; o tensiune variabilă este ceea ce noi vrem să-i aplicăm între grilă și catod.

CURIOSUS: Te afli pe drumul cel drept. Concluzia se impune: trebuie să transformăm curentul variabil al plăcii într-o tensiune variabilă.

IGNOTUS: Este ușor s-o spui. Dar eu nu văd cu ce poți să realizezi acest lucru.

CURIOSUS: Această transformare poate fi făcută cu ajutorul unui... *transformator*.

O veche cunoștință

IGNOTUS: Spune-mi, te rog, mai precis ce este acest instrument?

CURIOSUS: Transformatorul este pentru tine o veche cunoștință, căreia însă îi ignorezi deocamdată numele. Se numesc de fapt astfel, două înfășurări cuplate prin inducție. Or, tu știi că atunci cînd prima înfășurare este parcursă de un curent variabil, un curent de aceeași formă este indus în a doua înfășurare. Totuși, dacă această a doua înfășurare este deschisă (adică nu este închisă prin nici o rezistență) nu vom avea un curent indus, ci numai o tensiune indusă. Astfel, atunci cînd prima înfășurare (numită *primarul* transformatorului) este parcursă de un curent alternativ, în a doua înfășurare (*secundarul*) electronii se vor deplasa constant în ritmul curentului inductor, creînd astfel tensiuni alternative între extremitățile sale (fig. 46).

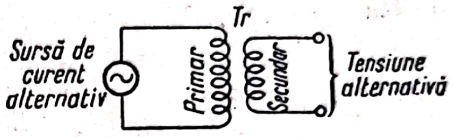


Fig. 46. Curentul alternativ care parcurge primarul transformatorului *Tr* induce o tensiune alternativă la bornele secundarului său.

IGNOTUS: Ei bine! Acum văd soluția: este de ajuns, pur și simplu, de a intercala în circuitul de placă al primului tub, primarul unui transformator și de a lega secundarul său între grila și catodul tubului al doilea (fig. 47). Astfel, primarul va fi parcurs de

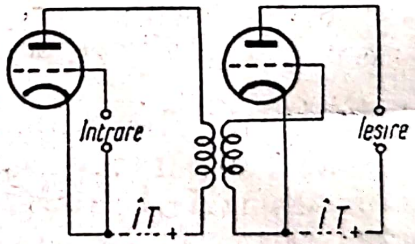


Fig. 47. Cuplajul prin transformator a două tuburi amplificatoare.

curentul variabil al circuitului de placă al primului tub. El va induce tensiuni alternative la extremitățile secundarului și aceste tensiuni vor fi aplicate între grila și catodul celui de-al doilea tub... așa cum trebuie să se întîmple în orice casă cinstită!

CURIOSUS: Mai domol cu triumful, dragă prietene. La urma urmelor, schema noastră are un grav inconvenient: observi că fiecare tub necesită, pen-

tru funcţionarea sa, o sursă specială de înaltă tensiune destinată creării curentului de placă. Or această sursă — fie că este vorba de o baterie, fie de un dispozitiv de alimentare de la reţea — este destul de costisitoare. Şi dacă vrem, urmărind amplificarea, să legăm la al doilea tub un al treilea şi aşa mai departe, ne vor trebui tot atîtea surse de înaltă tensiune cîte tuburi avem, lucru care se va dovedi destul de costisitor.

Problemele alimentare

IGNOTUS: Nu se poate utiliza o sursă comună pentru toate tuburile?

CURIOSUS: Chiar aşa se şi face în realitate. Iată (fig. 48): trei tuburi am-

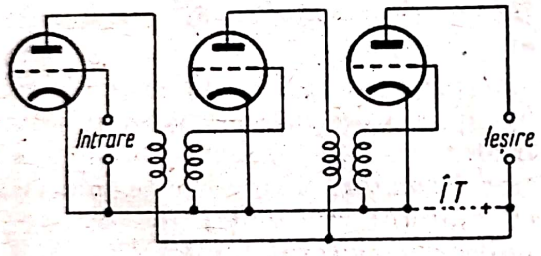


Fig. 48. Alimentarea a trei tuburi de la o sursă comună de înaltă tensiune.

plificatoare sînt alimentate de la aceeaşi sursă de înaltă tensiune. Catozii lor sînt conectaţi la polul negativ.

IGNOTUS: Aceasta îmi pare foarte raţional. În loc de a prepara hrana fiecărui tub individual, le alimentăm la bucătăria comună a restaurantului.

CURIOSUS: Pentru că ai ajuns aici cu reflectările tale, lasă-mă să-ţi amintesc că alimentarea tubului nu cuprinde numai încălzirea filamentului şi furnizarea sub tensiune ridicată a curentului de placă, dar şi polarizarea grilei.

IGNOTUS: Într-adevăr, am uitat complet acest aperitiv despre care mi-ai mai vorbit odinioară. Dacă îmi amintesc bine, grila trebuie să fie adusă la o tensiune negativă în raport cu catodul, astfel că punctul de funcţionare al tubului să se găsească pe porţiunea liniară a caracteristicii sale şi ca sub efectul tensiunii alternative care-i este aplicată, grila să nu devină în nici un moment pozitivă.

CURIOSUS: Ai uitat totuşi că tensiunii de grilă îi este interzis să pătrundă în porţiunea curbă a caracteristicii — sub pedeapsa deformării oscilaţiilor care urmează a fi amplificate.

IGNOTUS: Şi, practic, în ce mod facem grila negativă în raport cu filamentul? Cred că cel mai simplu ar fi să folosim în acest scop o mică baterie.

CURIOSUS: Procedăm în acest fel în receptoarele în care întreaga alimentare este asigurată de baterii. Dar majoritatea receptoarelor moderne sînt alimentate de la reţea. Astfel, pentru a obţine tensiunea de polarizare se foloseşte un dispozitiv pe cît de ingenios pe atît de simplu, care se bazează pe căderea de tensiune produsă de curentul de placă într-o rezistenţă.

Ignotus se pune în pielea electronului

IGNOTUS: Spune-mi mai întîi ce-i aceea o cădere de tensiune.

CURIOSUS: Cînd curentul întîlneşte în trecerea sa o rezistenţă, electronii nu o străbat decît cu greutate. Ei se îngrămădesc deci la intrare şi sînt rari

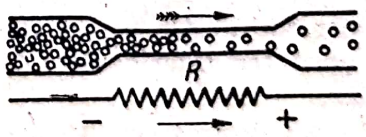


Fig. 49. Traversînd o rezistenţă *R*, curentul produce între extremităţile sale o tensiune.

la ieşirea din această rezistenţă. Prin urmare, intrarea va fi mai negativă decît ieşirea. Tensiunea astfel creată prin trecerea unui curent printr-o rezistenţă se numeşte *căderea de tensiune* a curentului. Ea este, evident, cu atît

mai mare cu cît curentul este mai intens şi rezistenţa mai mare[1]).

IGNOTUS: Este la fel ca mulţimea care, folosind un culoar strîmt pentru a ieşi dintr-o încăpere mare, se îngrămădeşte înaintea intrării. Iar după ce a suportat înghesuiala de pe culoar şi a ajuns afară, respiră însfîrşit uşurată, înţelegînd prea bine ce este o diferenţă de presiune sau o cădere de tensiune...

CURIOSUS: Eu văd că tu te pui cu uşurinţă în pielea electronului, dacă se poate spune astfel. Pentru a reveni la polarizare, noi dispunem o rezistenţă R în traiectoria curentului de placă (fig. 50), între polul negativ al sursei

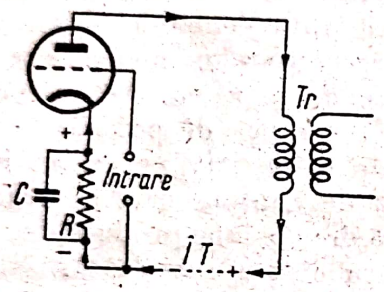


Fig. 50. Curentul de placă, traversînd rezistenţa R, produce o tensiune între grilă şi catod.

de înaltă tensiune şi catod. Curentul de placă merge de la catod la anod, traversînd primarul transformatorului de cuplaj, apoi sursa de înaltă tensiune, şi prin rezistenţa R revine la catod. Traversînd această rezistenţă R el produce o cădere de tensiune, negativînd extremitatea ei inferioară în raport cu cea superioară. Or, grila este legată la extremitatea inferioară şi catodul la extremitatea superioară. În acest fel grila va fi polarizată negativ faţă de catod.

IGNOTUS: Aceasta pare destul de simplu. Dar la ce serveşte condensatorul C (fig. 50), care este legat în paralel cu rezistenţa R?

CURIOSUS: Nu uita că numai atunci cînd potenţialul grilei este constant, curentul de placă al tubului este constant. Cînd aplici grilei o tensiune alternativă, în curentul de placă apar variaţii de aceeaşi frecvenţă. Aceste variaţii vor trece cu greu prin rezistenţa R, în timp ce condensatorul le oferă o trecere uşoară. Se spune că condensatorul C este străbătut de „componentele" alternative ale curentului de placă.

IGNOTUS: Aşadar, un asemenea dispozitiv de polarizare trebuie intercalat în circuitul catodic al oricărui tub amplificator?

CURIOSUS: Perfect. Ca exemplu (fig. 51) îţi voi desena schema unui amplificator cu două tuburi cuplate prin transformator. Primul este polarizat cu ajutorul rezistenţei R_1, cel de al doilea cu ajutorul lui R_2.

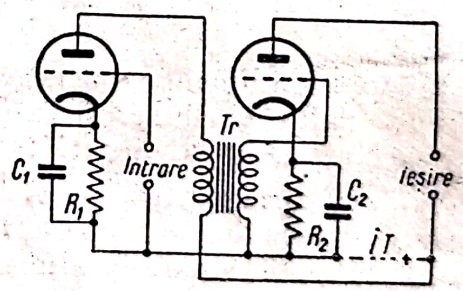


Fig. 51. Amplificator cu două tuburi cu polarizarea grilelor prin rezistenţele R_1 şi R_2.

Transformatoare de ÎF şi JF

IGNOTUS: Ce reprezintă barele paralele pe care le-ai aşezat pe desen între înfăşurările transformatorului?

CURIOSUS: Este simbolul miezului de fier folosit în transformatorul de joasă frecvenţă. Deoarece fierul este mai lesne străbătut de cîmpul magnetic

---

[1]) Căderea de tensiune (în volţi) este egală cu produsul dintre intensitate (în amperi) şi rezistenţă (în ohmi):

$$U = I \times R.$$

Este o nouă expresie a legii lui Ohm, formulată în primele noastre convorbiri sub forma: $I = U : R$ şi din care noua formulă reiese direct.

Astfel, un curent de 3 amperi traversînd o rezistenţă de 5 ohmi va produce o cădere de tensiune de 15 volţi.

decît aerul, se mărește inducția proprie a înfășurărilor bobinîndu-le pe un miez de fier. Pentru ca curentul alternativ din înfășurări să nu poată induce în fier curenți de inducție, se folosesc miezuri de fier din pachete de foi (tole) izolate între ele.

IGNOTUS: Și de ce se fac miezuri numai pentru transformatoarele de joasă frecvență?

CURIOSUS: Pentru că, curenții de înaltă frecvență, din cauza rapidității variațiilor, vor induce în fier curenți care vor constitui pierderi pentru curentul inductor. Din acest motiv, pentru înalta frecvență se preferă folosirea transformatoarelor cu aer.

IGNOTUS: N-am putea oare reduce la minimum curenții induși făcînd miezuri cu o mare rezistență? S-ar putea, de exemplu, să le facem din bucățele mici de fier izolate unele de altele.

CURIOSUS: Chiar așa se și face. Se folosesc în acest caz, pentru transformatoarele de înaltă frecvență, miezuri din pilitură de fier înglobată într-o masă izolantă.

IGNOTUS: Pe scurt, singura deosebire între amplificarea de înaltă sau de joasă frecvență constă, dacă am înțeles bine, în compoziția miezului. În primul caz, acesta este din aer sau din pilitură de fier, iar în cel de al doilea caz, din tole de fier.

CURIOSUS: Nu, deosebirea merge ceva mai departe. Cînd amplificăm curenți de joasă frecvență, luăm toate precauțiile pentru a-i amplifica pe toți în aceeași proporție, pentru ca toate sunetele muzicii să fie reproduse cu intensitatea lor relativă. N-avem nici un interes de a privilegia, de a favoriza o frecvență muzicală în dauna celorlalte. Din contră, în ceea ce privește curenții de înaltă frecvență, noi nu vom uita că trebuie să selecționăm unul singur, acela produs de emițătorul pe care vrem să-l ascultăm, eliminînd totodată pe toți ceilalți.

IGNOTUS: Deci, în amplificarea de înaltă frecvență trebuie să folosim circuite de cuplaj selective, adică circuite acordate?

CURIOSUS: Bineînțeles. Operația de selectare, începută în circuitul de acord al antenei, trebuie să fie continuată în circuitele de cuplaj ale amplificării la înaltă frecvență. Vom utiliza deci transformatoarele selective, acordînd

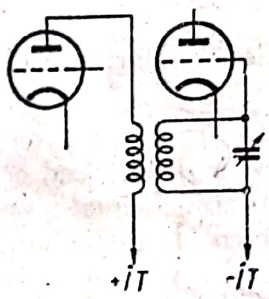


Fig. 52. Cuplaj printr-un transformator de înaltă frecvență cu secundarul acordat.

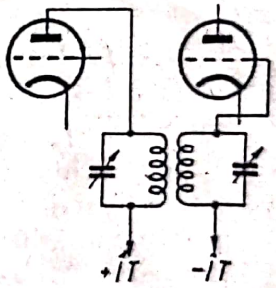


Fig. 53. Cuplaj printr-un transformator de înaltă frecvență cu primarul și secundarul acordate.

una sau chiar amîndouă înfășurările (fig. 52, 53). Astfel de transformatoare nu vor lăsa să treacă decît curentul care are frecvența egală cu aceea pe care sînt ele acordate, excluzînd pe toți ceilalți.

CONVORBIREA a 12-a

Totul pare să meargă foarte bine. Ignotus se inițiază ușor în metodele de cuplaj prin impedanță. El aplică cu ușurință aceste cunoștințe la cazul particular al cuplajului dintre dioda detectoare și primul tub de JF. Mai mult: el redescoperă ceea ce în mod obișnuit se numește „detecția pe grilă"... De ce a fost oare necesar ca înainte de a termina această accesibilă convorbire, Curiosus să-l arunce pe prietenul său în cea mai neagră disperare?...

Legăturile periculoase

CURIOSUS: Ultima dată am examinat funcționarea amplificatoarelor cuplate prin transformator. Trebuie să-ți fac o mărturisire...

IGNOTUS: Oprește-te! Cred că ghicesc ce vrei să-mi spui. Există probabil și alte categorii de amplificatoare. Nu-i așa?

CURIOSUS: Într-adevăr. Dar cum de ai ghicit?

IGNOTUS: E poate o prostie, dar mi-a venit o idee formidabilă. Cred că ne putem lipsi de toate transformatoarele pentru cuplajul între tuburile amplificatoare. Mi-ai spus ultima dată că un curent traversînd o rezistență creează la extremitățile acesteia o cădere de tensiune. Dacă acest curent este variabil, tensiunea la extremitățile rezistenței va fi de asemenea variabilă.

CURIOSUS: Exact.

IGNOTUS: Or, ce urmărim noi prin cuplajul între tuburi? Mijlocul de a transforma variațiile curentului de placă al unui prim tub în variații de tensiune pe care să le aplicăm între grila și catodul celui de al doilea tub. Deci, este de ajuns de a plasa o rezistență în circuitul de placă al primului tub. Variațiile de tensiune pe care curentul le va produce în această rezistență vor fi aplicate între grila și catodul celui de al doilea tub (fig. 54).

CURIOSUS: Ușurel, dragul meu. Ideea este, în principiu, excelentă. Dar nu se poate lega direct grila celui de al doilea tub la rezistența plasată în circuitul de placă al primului.

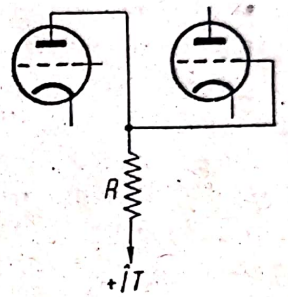


Fig. 54. Tensiunile dezvoltate în *R* de curentul de placă al primului tub sînt transmise la grila celui de al doilea tub.

IGNOTUS: De ce nu?

CURIOSUS: Pentru că această rezistență este legată de polul pozitiv al sursei de înaltă tensiune. Dacă vom lega acolo grila, așa cum ai făcut tu, ea va deveni mult prea pozitivă. Este o legătură periculoasă...

IGNOTUS: De ce oare?

CURIOSUS: Nenorocitule! Ai și uitat că grila unui tub amplificator trebuie să fie polarizată negativ! Domeniul tensiunilor pozitive este o zonă interzisă pentru grilă. În împrejurarea că ai adus grila celui de al doilea tub la o tensiune pozitivă tot atît de ridicată ca a anodului primului tub, cel de al doilea tub va lucra la saturație.

IGNOTUS: Într-adevăr. Prea pozitivă, grila va chema toți electronii emiși de catod.

CURIOSUS: Vezi deci unde ne duce imprudentul tău proiect.

IGNOTUS: Atunci, nu-i nimic de făcut?

CURIOSUS: Ba da. Ceea ce voim să transmitem grilei sînt tensiunile variabile. Le vom transmite cu ușurință

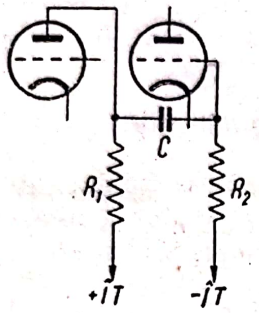


Fig. 55. Cuplajul prin rezistență și capacitate:
R_1 — rezistența de placă; C — condensator de cuplaj; R_2 — rezistența de grilă.

prin capacitatea unui condensator C, așezat între rezistența R_1 (fig. 55) și grila celui de al doilea tub. Grila va fi astfel izolată de înalta tensiune pozitivă, dar tensiunile alternative vor avea acces liber spre ea.

IGNOTUS: Și la ce folosește rezistența R_2?

CURIOSUS: Dacă ea nu ar exista, o parte din electronii emiși de catod s-ar acumula pe grilă, care, din punctul de vedere al curentului continuu, va fi cu totul izolată, sau cum se spune, „în aer". Acești electroni vor face ca grila să devină foarte repede negativă, încît ea nu va mai lăsa să treacă nici un curent. Tubul va fi atunci „paralizat". Pentru a permite electronilor să se scurgă liber din grilă, noi folosim această „rezistență de fugă" R_2, care fixează potențialul grilei, legînd-o de polul negativ al înaltei tensiuni.

IGNOTUS: Astfel, tensiunea alternativă este adusă la grila celui de al doilea tub prin condensatorul de cuplaj C, și tensiunea continuă, care fixează punctul de funcționare, prin rezistența R_2.

În împărăția impedanțelor

CURIOSUS: Exact. Acest sistem se numește „cuplajul prin rezistență și capacitate", sau pe scurt, „cuplaj RC". Dar în locul rezistenței R_1 se poate folosi orice impedanță pe care curentul variabil va dezvolta tensiuni alternative.

IGNOTUS: Se va putea folosi, de exemplu, o inductanță?

CURIOSUS: Bineînțeles. Adesea, în amplificarea de joasă frecvență se folosește cuplajul cu inductanță (fig. 56). În acest caz, inductanța L este formată dintr-o bobină cu miez de fier.

IGNOTUS: Dintre toate aceste moduri diferite de cuplaj, pe care este mai bine să-l folosim?

CURIOSUS: Aceasta depinde... Fiecare are avantajele și inconvenientele sale. Cuplajul prin rezistență are defectul că în rezistența R_1 se produce o mare cădere de tensiune continuă (fig. 55). Astfel, nu mai rămîne pe anod decît o parte mai mult sau mai puțin slabă din tensiunea totală a sursei. Din contra, rezistența în curent continuu a unei inductanțe poate fi destul

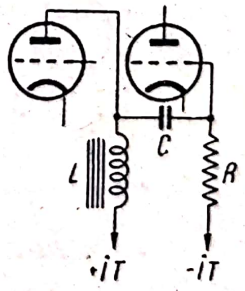


Fig. 56. Cuplaj prin inductanța L cu miez de fier.

de redusă și prin urmare pierderea de tensiune va fi mică. Dar, pe de altă parte, cuplajul prin inductanță are defectul de a nu amplifica în egală măsură toate frecvențele muzicale.

IGNOTUS: Cum asta?

CURIOSUS: Nu uita că reactanţa unei înfăşurări depinde de frecvenţa curentului. Astfel, pentru frecvenţe mai ridicate, corespunzînd la notele înalte, reactanţa va fi şi ea mai ridicată. Tensiunile alternative dezvoltate în inductanţă vor fi deci mai puternice. Rezultatul: notele înalte vor fi amplificate mai mult.

IGNOTUS: În timp ce rezistenţa simplă va da o amplificare egală a tuturor frecvenţelor. Nu-i aşa?

CURIOSUS: Bineînţeles. Rămîne, în sfîrşit, încă o impedanţă utilizată adesea în circuitele de cuplaj.

IGNOTUS: Reactanţa capacitivă?

CURIOSUS: Nu, prietene. În circuitul de placă nu se poate intercala un condensator singur, căci placa nu va putea primi nici o tensiune continuă.

IGNOTUS: În acest caz eu nu văd despre ce impedanţă vrei să vorbeşti şi mă las de ghicit.

CURIOSUS: Îţi amintesc că circuitul oscilant constituie el însuşi o impedanţă de un fel aparte: el nu opune o rezistenţă mare decît la trecerea curentului pe a cărui frecvenţă este acordat.

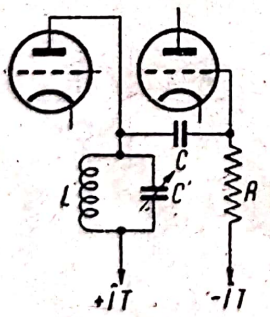


Fig. 57. Cuplaj prin circuitul oscilant LC' cu condensator de cuplaj C şi rezistenţă de grilă R.

IGNOTUS: Nu m-am mai gîndit la aceasta. Se poate deci realiza un circuit de cuplaj folosind ca impedanţă un circuit oscilant LC' (fig. 57). Evident, un astfel de cuplaj nu este raţional decît pentru amplificarea în înaltă frecvenţă?

CURIOSUS: Desigur. Şi vezi că acesta este în mod esenţial un circuit de cuplaj selectiv, căci numai curenţii care au frecvenţa de acord a circuitului oscilant vor dezvolta la extremităţile sale tensiuni alternative, care prin condensatorul de cuplaj C vor fi transmişi la grila celui de al doilea tub.

Un caz particular

IGNOTUS: Cred c-am înţeles bine diferitele metode de cuplaj pe care mi le-ai explicat. Cu toate acestea mi-e

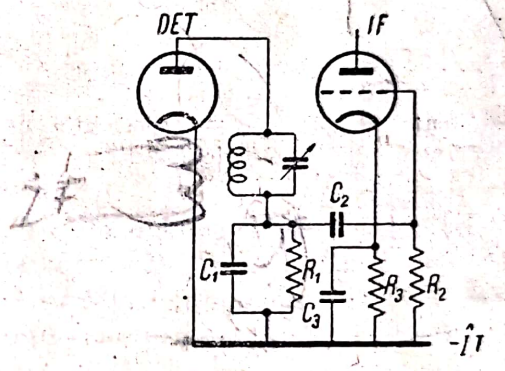


Fig. 58. Cuplaj de joasă frecvenţă între diodă şi triodă. Tensiunile dezvoltate în C_1R_1 sînt transmise prin C_2 la grila etajului de joasă frecvenţă cu rezistenţa sa de grilă R_2. Cît despre C_3 şi R_3, ele asigură polarizarea tubului de joasă frecvenţă.

teamă că nu le voi putea aplica în cazul detectoarei diode, unde nu deosebesc prea bine intrarea de ieşire.

CURIOSUS: Este într-adevăr un caz puţin cam special. Totuşi, soluţia este cum nu se poate mai simplă. Îţi aminteşti că datorită conductibilităţii unilaterale a diodei, noi obţinem în circuitul catod-anod impulsuri unilaterale, care se acumulează cu un mic condensator, aşa că difuzorul este traversat de un curent de joasă frecvenţă.

IGNOTUS: Da, dar fiindcă e vorba de a amplifica acest curent, difuzorul nu va mai fi imediat după diodă.

CURIOSUS: Bineînțeles. În locul difuzorului vom așeza o rezistență R_1, păstrînd totodată condensatorul-rezervor C_1 (fig. 58). Curentul de joasă frecvență care va traversa R_1 va dezvolta la extremitățile acestei rezistențe o tensiune alternativă pe care o vom aplica, prin condensatorul de cuplaj C_2, la grila primului tub de joasă frecvență.

IGNOTUS: Și rezistența R_2?...

CURIOSUS: Este clasica rezistență de fugă și mă mir cum de nu ai identificat-o imediat.

IGNOTUS: În schimb am recunoscut numaidecît că R_3 este rezistența de polarizare a tubului de joasă frecvență.

CURIOSUS: Minunat!... Acum îți voi atrage atenția că, adesea, în locul unei diode separate și al unui tub amplificator de joasă frecvență se folosește un tub combinat, *diodă-triodă*, care în același balon de sticlă conține cele două sisteme de electrozi. Simplificarea este de fapt mai mare, pentru că dioda și trioda folosesc un catod comun.

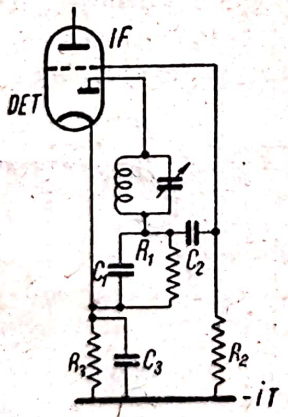


Fig. 59. Cele două tuburi din fig. 58 sînt reunite într-o diodă-triodă. Schema rămîne aceeași, după cum se constată comparînd figurile ale căror elemente sînt indicate prin aceleași litere.

IGNOTUS: Acest tub permite deci realizarea unei economii de spațiu și de încălzire! Este un tub tipic pentru epoca noastră de economii...

CURIOSUS: Montajul folosit la diodă-triodă (fig. 59) este absolut identic cu acela al diodei cu trioda luate separat. Observă că prezența rezistenței R_3 permite polarizarea negativă a grilei, făcînd catodul pozitiv în raport cu polul negativ al tensiunii înalte. Dar cînd nu sînt oscilații, anodul diodei se găsește la același potențial cu catodul, căci curentul diodei, după ce a traversat R_1, revine direct la catod.

O idee a lui Ignotus

IGNOTUS: Mi-a venit o idee...

CURIOSUS: În general, nu prea sînt încrezător! Dar spune-o totuși.

IGNOTUS: Mă întreb dacă nu se poate împinge simplificarea mai departe, făcînd pur și simplu ca anodul diodei să coincidă cu grila triodei. Tensiunile de înaltă frecvență aplicate astfel între grilă și catod (fig. 60) vor fi redresate prin procedeul normal al detecției prin diodă, grila jucînd în această situație rolul anodului diodei. Prin urmare, tensiunile de joasă frecvență care se vor găsi dezvoltate la extremitățile rezistenței R_1 (datorită acțiunii de acumulare a condensatorului C_1) vor fi aplicate atunci între aceeași grilă și catod. Tubul va funcționa deci ca tub amplificator de joasă frecvență... De ce rîzi, Curiosus? Spun prostii?

CURIOSUS: Dimpotrivă! Ceea ce mă amuză este că tu, Ignotus, vii să redescoperi și să explici foarte clar un procedeu mult folosit odinioară, pe care-l numim „detecția pe grilă". După cum bine ai spus, nu este vorba de o metodă de detecție specială, ci de detecția prin diodă combinată cu amplificarea la joasă frecvență, făcînd ca același electrod să joace rolul de anod al diodei și de grilă a triodei. Or, acest punct de vedere, cu toată logica sa, a scăpat tuturor tehnicienilor, care pentru a explica această faimoasă „detecție pe grilă" se lansează în elucubrații, pe cît de complexe pe atît de obscure.

IGNOTUS: Îți stau totdeauna la dispoziție pentru a clarifica astfel toate problemele radioelectricității.

CURIOSUS: Nu fă pe grozavul, dragul meu Ignotus, că de nu, nu-ți voi arăta adevărata schemă a „detecției pe grilă".

IGNOTUS: Cum adică, a mea nu este bună?

CURIOSUS: Nu diferă de loc. Pentru criterii de comoditate a montajului,

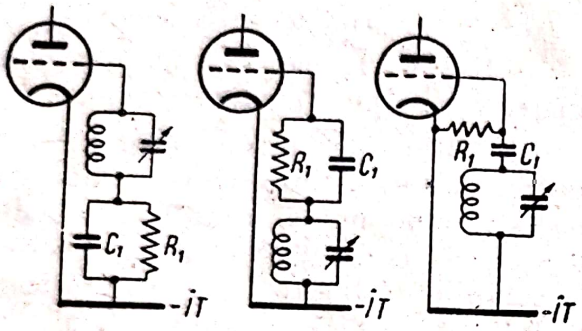


Fig. 60. Aşa-zisa „detecție pe grilă". Fig. 61. Modificarea schemei din fig. 60. Fig. 62. Variantă a schemei din fig. 61.

se intervertesc locurile circuitului oscilant și al rezistenței R_1 cu condensatorul său C_1 (fig. 60), ceea ce în fond nu schimbă nimic. De altfel, în loc de a fi legată la catod prin circuitul oscilant (fig. 60), rezistența R_1 poate fi legată direct (fig. 61)... Dar ce mîzgălești acolo?

O schemă de Ignotus

IGNOTUS: Încurajat de complimentele pe care mi le-ai făcut, am desenat schema unui receptor cu cinci tuburi (fig. 63). El are, după cum vezi, două etaje de amplificare în înaltă frecvență. Cuplajul între primele două tuburi este realizat cu ajutorul impedanței circuitului oscilant L_3C' și al condensatorului de cuplaj C_2. Între cea de a doua amplificatoare de înaltă frecvență și diodă cuplajul se face cu ajutorul unui transformator L_4L_5 cu secundarul acordat prin C''. Tensiunile detectate și culese de rezistența R_4 sînt aplicate la grila primului tub de joasă frecvență prin condensatorul C_5. Aceasta, prin transformatorul Tr, atacă ultimul tub al cărui circuit de placă cuprinde difuzorul.

Ei, ce zici? E corectă schema mea?

CURIOSUS: Cît se poate de corectă. Dar dacă vei realiza un receptor după această schemă, sînt șanse să funcționeze prost.

IGNOTUS: Ce vorbești? Dar de ce!

CURIOSUS: Pentru că în acest montaj sînt lucruri pe care schema ta nu le arată, dar care nu sînt de loc mai puțin vătămătoare.

IGNOTUS: Aceasta îmi pare tare complicat și o să mă apuce durerea de cap.

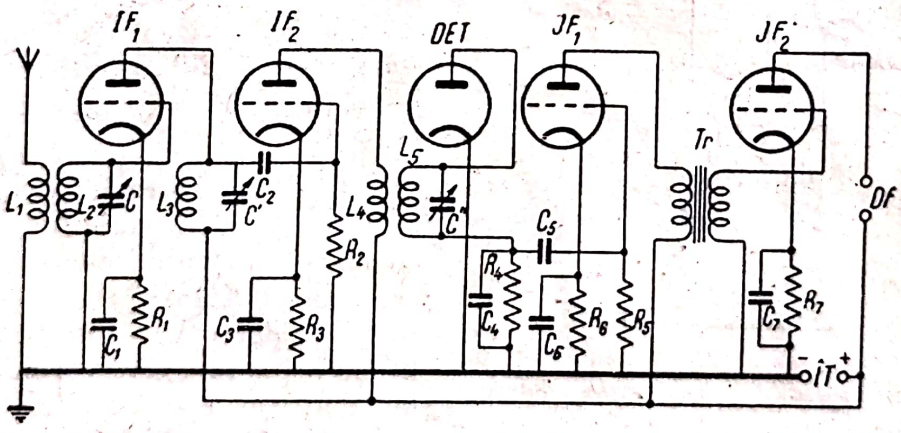


Fig. 63. Ignotus a trasat această schemă... rezistențele de polarizare sînt însemnate prin R_1, R_3, R_6 și R_7 și condensatoarele corespunzătoare prin C_1, C_3, C_6 și C_7; R_2 și R_5 sînt rezistențe de grilă.

CONVORBIREA a 13-a

Reacţia care desfăta odinioară pe primii radioamatori şi care continuă să se manifeste (fără s-o dorim) în receptoarele moderne constituie obiectul acestei convorbiri. Printre diferitele metode propuse pentru reglaj, Curiosus nu le explică decît pe cele principale... Ignotus are în sfîrşit bucuria de-a face cunoştinţă cu tuburi cu mai mult de trei electrozi: tuburile cu grilă-ecran şi cu trei grile sau pentodele. Vreţi să-l urmaţi pe această cale?

Vorbe despre reacţii

IGNOTUS: M-ai făcut să sufăr un veritabil regim de duş scoţian. Ba îmi cînţi osanale, ba ironia ta loveşte în cele mai frumoase elanuri ale gîndirii mele creatoare de radioelectrician...

CURIOSUS: Fii mai puţin patetic, Ignotus, şi spune-mi cu ce am fost nedrept faţă de tine?

IGNOTUS: Ultima dată am schiţat, nu fără osteneală, schema unui receptor excelent. După ce l-ai analizat şi mi-ai făcut complimente, mi-ai declarat cu răceală că „luînd în considerare lucrurile care nu se văd pe hîrtie, dar care totuşi există", acest receptor nu va funcţiona. Este nebulos şi jignitor.

CURIOSUS: Linişteşte-te, prietene; eu am vrut numai să menţionez cuplajele parazite care se vor face simţite şi vor perturba funcţionarea montajului tău. Este vorba mai ales de cuplajele între circuitele de grilă şi de placă ale fiecărui tub.

IGNOTUS: Care sînt natura şi efectele acestor periculoase cuplaje?

CURIOSUS: Pentru a-ţi explica, să revenim pentru moment la schema heterodinei (fig. 64). Aci, bobina L' a circuitului de placă este cuplată cu bobina L, care face parte din circuitul oscilant al grilei. Îţi aminteşti de ceea ce rezultă dintr-un asemenea cuplaj?

IGNOTUS: Bineînţeles; iau naştere oscilaţii în circuitele de grilă şi de placă şi heterodina noastră constituie un adevărat mic emiţător.

CURIOSUS: Este exact, cel puţin dacă gradul de cuplare între cele două bobine este suficient de ridicat. Dacă

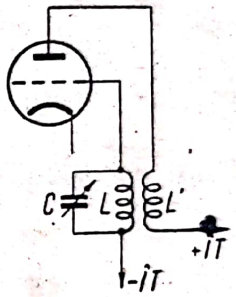


Fig. 64. Schema heterodinei:
L — bobina de grilă;
L' — bobina de placă.

cuplajul este slab, nu vor mai avea loc oscilaţii, dar cazul acesta nu va fi mai puţin interesant, căci vom avea totdeauna o acţiune inductivă a circuitului de placă asupra circuitului de grilă, acţiunea circuitului de ieşire asupra celui de intrare, pe care o numim *reacţie*.

IGNOTUS: Într-un cuvînt, simbolul înţelepciunii antice: şarpele care-şi muşcă coada?

CURIOSUS: Fie cum vrei tu... Admite că un astfel de tub (fig. 64) cu reacţie ar fi folosit ca tub amplificator într-un receptor. În circuitul LC avem deci de amplificat tensiuni, iar în bobina L' avem curenţi amplificaţi. Dar aceşti curenţi amplificaţi vor induce în bobina de grilă L noi tensiuni. Dacă „bobina de reacţie" L' este aşezată convenabil în raport cu L, tensiunile induse de L' în L vor întări tensiunile care au fost produse la început.

IGNOTUS: Astfel, dacă am înțeles bine, reacția lui L' asupra lui L întărește oscilațiile în L. Dar în acest caz, aceste oscilații întărite vor fi, la rîndul lor, amplificate de tub și vor produce în bobina de reacție L' un curent și mai puternic. Acest curent, prin inducție, întărește și mai mult oscilațiile în L și așa mai departe. Amplificarea va crește deci la nesfîrșit !?!

CURIOSUS: Mai domol, dragul meu. Cînd oscilațiile se întăresc în circuitul de grilă, pierderile de energie (prin efectul rezistenței, ca și din alte cauze) se măresc de asemenea și sfîrșesc prin a echilibra aportul de energie al circuitului de placă. Totuși, cîștigul datorită reacției este foarte apreciabil, mai ales cînd cuplajul este de ajuns de mare pentru ca circuitele să fie la limita producerii oscilațiilor.

Cum se dozează reacția

IGNOTUS: Reacția mă face să mă gîndesc la înțepăturile de țînțari.

CURIOSUS: Îți mărturisesc că nu prea înțeleg legătura...

IGNOTUS: Este totuși clar. Cînd ești înțepat de un țînțar freci locul pentru a calma mîncărimea. Aceasta bineînțeles nu face decît s-o mărească. Te scarpini atunci cu mai multă înfrigurare și aceasta mărește mîncărimea... Atunci înfuriat, pierzi orice măsură și termini prin a te sîngera... În același fel, slaba oscilație a circuitului de grilă este întărită prin inducție de curentul de placă amplificat. Ea produce atunci în circuitul de placă un curent mai puternic, excită mai mult circuitul de grilă etc., dar aceasta se termină fără sîngerare, căci pierderile în circuitul de grilă joacă acel rol moderator pe care rațiunea noastră ar trebui să-l joace cînd ne înțeapă un țînțar.

CURIOSUS: Îngăduie ca de la țînțari să revenim la oile noastre... Ți-am spus deci că cel mai eficace efect al reacției se produce atunci cînd cuplajul între circuitul de placă și cel de grilă menține tubul la pragul producerii oscilațiilor, fără a-l depăși totuși.

IGNOTUS: Se pare că acest lucru nu e greu de obținut. Pur și simplu trebuie să așezăm o dată pentru totdeauna cele două bobine L și L' la o distanță care să asigure cuplajul cel mai strîns pe care-l suportă tubul fără a intra totuși în oscilație.

CURIOSUS: Dar bine, acest cuplaj care va fi perfect pentru o emisie, nu va mai fi bun pentru celelalte. Căci tu ai uitat, Ignotus, că acțiunea inducției variază după frecvența curentului și crește cu el. Astfel, reacția care va fi optimă pentru o emisie dată, va fi prea energică pentru o emisie de frecvență superioară și nu suficient de puternică pentru o emisie de frecvență inferioară.

IGNOTUS: Atunci, lucrurile devin extrem de complicate și nu văd mijlocul de a le aranja.

CURIOSUS: Este totuși foarte simplu: să cuplăm cele două circuite variabile, făcînd de exemplu bobina de placă L' mobilă față de bobina de grilă L. Iată schema (fig. 65) detectoarei cu reacție, care făcea bucuria tuturor amatorilor din jurul lui 1925. Este un tub montat

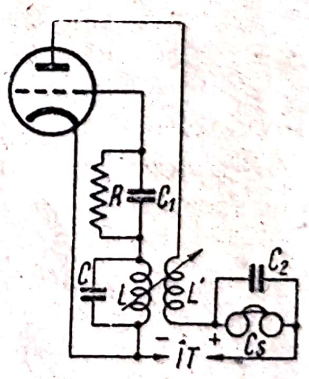


Fig. 65. Detectoare cu reacție reglabilă prin variația cuplajului între bobinele L și L'.

cu o detectoare numită „pe grilă", cuprinzînd în circuitul său de placă o bobină L', mobilă față de bobina de grilă L (după cum indică săgeata care traversează cele două bobine).

IGNOTUS: Nu cred că era prea comod să deplasezi astfel bobina.

CURIOSUS: Era totuşi un sport pasionant. Dar, bineînţeles, s-au găsit mijloace mai practice pentru reglarea reacţiei. Astfel, s-a stabilit că este mai oportun de a se regla cu ajutorul unui condensator variabil.

IGNOTUS: Îţi mărturisesc că nu prea văd în ce constă această posibilitate.

Condensatorul robinet

CURIOSUS: Vezi, prietene, curentul de placă al unei detectoare numită „pe grilă" se compune din trei lucruri distincte. Înainte de toate curentul continuu, acela care trece prin tubul în repaus. Apoi vom găsi acolo componenta de joasă frecvenţă, adică ondulaţia care rezultă din detecţie. În sfîrşit, mai este acolo componenta de înaltă frecvenţă constituită din impulsurile unilaterale de curent, a căror acumulare dă desigur loc curentului de joasă frecvenţă. Această componentă de înaltă frecvenţă este singura care produce efectul de reacţie. Noi o vom separa deci de celelalte două componente...

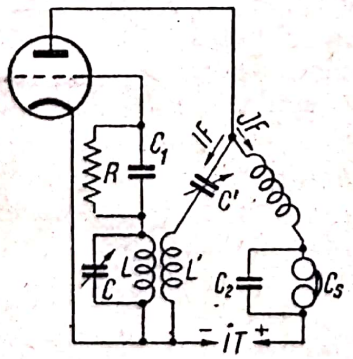


Fig. 66. Reglajul reacţiei cu ajutorul condensatorului variabil C'.

IGNOTUS: Prin ce mijloace?

CURIOSUS: Iată schema (fig. 66). Am făcut să se bifurce curentul pe două căi diferite. Cel marcat ÎF cuprinde un condensator de capacitate mică. Nici curentul continuu nici componenta de joasă frecvenţă nu vor putea să-l traverseze. Numai componenta de înaltă frecvenţă se va putea servi de acest drum, pe care-l va urma mai mult sau mai puţin uşor, după capacitatea condensatorului C'.

IGNOTUS: Aşa este. Am înţeles! Condensatorul C' este variabil şi, pentru înaltă frecvenţă, el constituie un adevărat robinet care poate fi mai deschis sau mai închis. Reglăm deci, cu ajutorul acestui condensator, admiterea înaltei frecvenţe în bobina L' şi prin urmare dozăm astfel efectul reacţiei. Dar de ce componenta de înaltă frecvenţă nu va folosi, cu aceeaşi uşurinţă, al doilea drum pe care l-ai însemnat cu JF?

CURIOSUS: Pentru că aici am plasat o bobină de oprire, adică o înfăşurare cu o inductanţă ridicată. Această bobină, după cum ştii, opune curentului o reactanţă cu atît mai ridicată cu cît frecvenţa curentului este mai ridicată. În timp ce curentul continuu şi componenta de joasă frecvenţă vor trece cu uşurinţă prin bobina de oprire, pentru înaltă frecvenţă ea va constitui un obstacol peste care nu se poate trece.

IGNOTUS: Foarte ingenioasă această nouă aplicare a vechiului principiu *divide ut regnare**).

CURIOSUS: Bravo pentru latineasca ta... De altfel, dacă vrei o schemă într-adevăr ingenioasă, iată pe aceea a montajului Hartley, care este o variantă a detectoarei cu reacţie şi care se numeşte astfel după numele unui radioamator american, care jură că nu l-a inventat nicicînd. În acest montaj (fig. 67), aceeaşi bobină L serveşte la acordul circuitului de grilă şi la reacţie. Prevăzută cu o priză mediană, ea formează în totalitatea ei, cu condensatorul variabil C, un circuit de acord de grilă. Dar jumătatea sa inferioară

*) Împarte ca să domneşti (*N. Trad.*).

este parcursă și de componenta de înaltă frecvență a curentului de placă; condensatorul C' servește la reglarea intensității acestei componente în același fel ca și în schema precedentă.

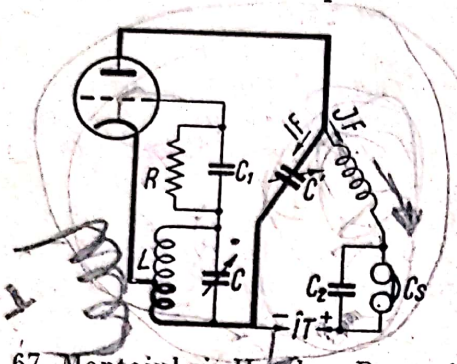


Fig. 67. Montajul zis Hartley. Drumul înaltei frecvențe este desenat cu o linie groasă.

IGNOTUS: Foarte bine, și dacă acesta s-ar fi numit „montaj Ignotus" eu n-aș fi protestat cum a făcut colegul meu american... Dar la urma urmei eu tot nu văd de ce principiul reacției poate împiedica buna funcționare a montajului pe care ți l-am arătat în timpul convorbirii noastre precedente.

CURIOSUS: Vei înțelege de îndată. Reacții, adică cuplaje între circuitele de placă și de grilă, pot exista într-un receptor și independent de voința noastră. Scăpînd de sub controlul nostru, ele devin periculoase.

IGNOTUS: Îți mărturisesc să nu pot să-mi dau seama cum se pot produce aceste cuplaje între circuitele de placă și de grilă și prin ce constituie ele un pericol.

Reacția este cel mai bun și cel mai rău dintre lucruri

CURIOSUS: Orice reacție este susceptibilă de a da naștere la oscilații intempestive, pe care tehnicienii le numesc „acroșaje spontane". Tubul, în loc de a funcționa ca amplificator, devine atunci oscilator, ceea ce nu este de loc rolul său. Cît despre cuplajele parazite care produc fenomenul de reacție, ele sînt de mai multe feluri. Presupune că un tub amplificator cuprinde un circuit oscilant LC în grilă și un altul $L'C'$ în placă (fig. 68). Bobinele L și L', cu toate că sînt depărtate, se găsesc una în cîmpul celeilalte. Astfel, bobina L' acționează inductiv asupra bobinei L. În afara acestui cuplaj inductiv, pot avea loc și alte cuplaje prin capacitățile parazite care există între conexiunile vecine ale circuitului de grilă și placă.

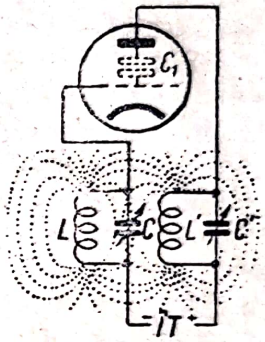


Fig. 68. Cuplaje parazite prin inducție (prin puncte sînt reprezentate cîmpurile magnetice C ale bobinelor) și prin capacitatea între grilă și placă.

IGNOTUS: Aceste conexiuni nu pot fi îndepărtate suficient una de alta pentru a reduce la minimum capacitățile astfel formate?

CURIOSUS: Chiar așa se și face. Rămîne totuși o capacitate de care odinioară nu se putea scăpa și care astfel, de-a lungul multor ani, a determinat întreaga evoluție a radiotehnicii.

IGNOTUS: Și care este capacitatea asta afurisită?

CURIOSUS: Este o capacitate foarte mică pe care o formează, ca niște armături de condensator, grila și placa unui tub (C_1 în fig. 68).

Cuplajul pe care ea îl stabilește între circuitele grilei și plăcii este de ajuns pentru a compromite stabilitatea unui amplificator de înaltă frecvență cu mai mult de un etaj.

IGNOTUS: Aș fi considerat situția ca înspăimîntătoare, dacă n-aș ști că tu ai darul de aduna obstacole pentru a le distruge apoi suflînd asupra lor. Care este deci remediul?

CURIOSUS: Sînt trei: blindajul, blindajul și iar blindajul. Fiecare grupă de bobine este ermetic închisă într-o cutie metalică, care interceptează cîmpul magnetic și împiedică bobinele de a acționa prin inducție asupra semenelor lor. Și tot blindajul îl folosim în interiorul tubului pentru a anula capacitatea dintre grilă și placă.

Blindajul grilă-placă

IGNOTUS: Aici te opresc. Dacă vei plasa un blindaj între grilă și placă, el va bara trecerea electronilor și nu va mai exista curent de placă!

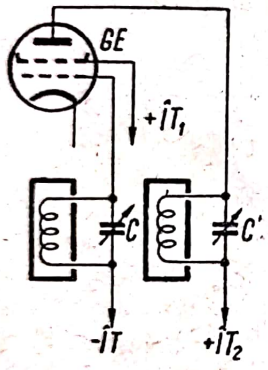


Fig. 69. Suprimarea cuplajului prin ecranarea bobinelor și prin grila-ecran.

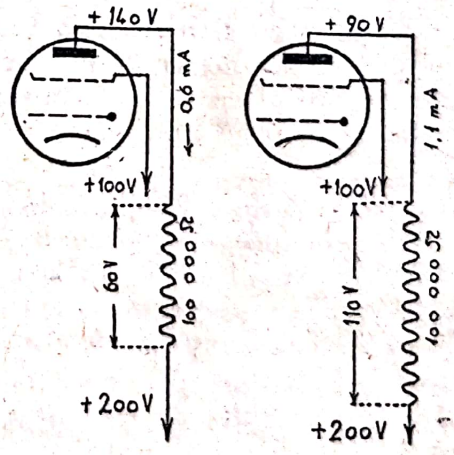
CURIOSUS: Liniștește-te, Ignotus. Acest blindaj în interiorul tubului va fi străpuns de numeroase deschizături, prin care electronii vor trece cu atît mai ușor cu cît noi îi vom aduce la un potențial egal sau apropiat de jumătatea potențialului plăcii, astfel că va accelera mișcarea electronilor adăugînd efectul său de atracție celui al plăcii. În realitate, acest blindaj va fi constituit dintr-o grilă cu ochiuri strînse, numită *grilă-ecran*. Tubul astfel construit se numește *tub cu grilă-ecran* sau tetrodă, dat fiind că are patru electrozi (tetra, în grecește înseamnă patru).

IGNOTUS: Sînt foarte mulțumit de a afla în sfîrșit de existența unui tub cu mai mult de trei electrozi. Acesta este desigur un tub modern!

CURIOSUS: Nu chiar așa, prietene. El are într-adevăr un defect care i-a obligat pe tehnicieni, pentru a-l înlătura, să adauge încă un electrod. Atunci cînd se aplică o tensiune alternativă, la grila acestui tub, pentru a fi amplificată, curentul său de placă evident că variază. Acest curent produce în impedanța care este plasată în circuitul de placă, căderi de tensiune care variază și ele proporțional cu intensitatea. Aceste căderi de tensiune diminuează tensiunea care rămîne efectiv între placă și catod și...

IGNOTUS: Ascultă, Curiosus, un exemplu numeric mi-ar fi de folos.

CURIOSUS: Iată unul. Presupune că sursa de înaltă tensiune îți dă 200 volți. Această tensiune este aplicată între catod (neglijez polarizarea) și impedanța de placă. Presupune, de asemenea, pentru simplificare, că aceasta ar fi reprezentată de o rezistență de 100 000 ohmi și că curentul de placă ar fi în repaus de 0,6 miliamperi. În aceste condiții, căderea de tensiune în impedanță va fi de 60 volți și între placă și catod n-ar mai fi 200 volți, ci numai 140. Mai presupune, pe de altă parte, că grila-ecran a fost adusă la +100 V. Dacă aplicăm acum pe grilă o tensiune alternativă care va face să varieze cu-



rentul de placă între 0,1 și 1,1 miliamperi, căderea de tensiune în impedanță va varia între 10 și 110 V și tensiunea efectivă a plăcii în raport cu catodul va oscila între 190 și 90 V. Vezi deci

că, deodată, placa se va găsi la un potențial inferior celui al grilei-ecran. Aceasta pare să nu te impresioneze.

IGNOTUS: Nu, într-adevăr. Prin ce ar putea fi îngrijorător acest lucru?

Emisia secundară

CURIOSUS: Neștiința ta îți îngăduie să traversezi cele mai grele prăpastii! Gîndește-te la ce se petrece atunci cînd într-un astfel de moment, un electron emis de catod, după ce a traversat grila și grila-ecran (care i-a accelerat mișcarea), cade, asemenea unui obuz, pe suprafața plăcii. Prin această lovitură se smulge din atomii plăcii unul sau mai mulți electroni, care țîșnesc ca jerbele de apă pe care le provoacă aruncarea unei pietre. Acești electroni se comportă ca toți semenii lor: ei merg spre electrodul care îi cheamă mai puternic, adică spre electrodul mai pozitiv. În mod normal, acesta este anodul și ei își reiau domiciliul fără a tulbura cu nimic funcționarea tubului. Dar în această împrejurare, electrodul mai pozitiv va fi grila-ecran, cel puțin pentru moment. Spre ea se vor precipita deci electronii eliberați brusc de placă.

IGNOTUS: Formidabil!... Va fi deci un curent care va merge de la placă la grila-ecran? Și placa va juca, în raport cu grila-ecran, rolul unui catod secundar?

CURIOSUS: Perfect. Se spune, în acest caz, că se produce o *emisie secundară*, mergînd de la placă la grila-ecran. Această emisie micșorează curentul de placă și în consecință îl deformează.

IGNOTUS: Iată-ne din nou în fața unui obstacol. Suflă deci, asupra lui, te rog.

CURIOSUS: Nu este greu. Pentru a suprima emisia secundară, noi interpunem între placă și grila-ecran o a treia grilă (supresoare) cu ochiuri lăbărțate, care va fi adusă la potențialul catodului (adesea ea este legată la catod chiar în interiorul tubului). Această grilă va împiedica electronii emisiei secundare de a se îndepărta de placă.

IGNOTUS: Ei bine, nu-mi pare rău că am făcut cunoștință astfel cu tubul cu cinci electrozi, care — dacă cunoștințele mele de greacă mă ajută — trebuie să se numească *pentodă*.

CURIOSUS: Exact. Vezi deci că pentoda este o perfecționare a tetrodei și că ea a fost creată pentru a elimina efectele nefaste ale emisiei secundare. Iată cum este montat un etaj de amplificare cu pentodă (fig. 70). Rezistențele

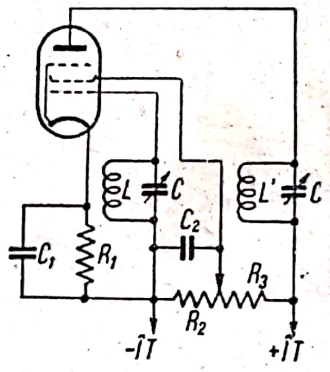


Fig. 70. Montajul unei pentode: R_1 și C_1 — polarizarea; R_2, R_3 și C_2 — tensiunea grilei-ecran.

R_2 și R_3, plasate între polii sursei de înaltă tensiune, servesc pentru a fixa potențialul grilei ecran la aproximativ jumătatea acestei tensiuni. Cît despre condensatorul C_2, rolul său este de a permite trecerea slabului curent de înaltă frecvență pe care-l produc, în grila-ecran, electronii curentului catod-placă, electroni care se rătăcesc în ochiurile sale.

IGNOTUS: Sper că blindajele, ca și tetrodele și pentodele, rezolvă definitiv problema cuplajelor parazite.

CURIOSUS: Zadarnică speranță, Ignotus!

CONVORBIREA a 14-a

Cu cît circuitele unui tub au mai puține raporturi cu circuitele vecine, cu atît receptorul funcționează mai bine. Așa sună concluzia studiului pe care prietenii noștri l-au făcut asupra cuplajelor parazite. În afara blindajului preconizat mai înainte, ei examinează „decuplajul", care permite eliminarea legăturilor periculoase... Trecînd la studiul unei scheme practice, Curiosus aduce precizări interesante asupra comutației circuitelor de acord.

Cuplaje de nedescurcat

CURIOSUS: Pînă aici n-am vorbit decît de cuplajele prin inducție magnetică sau prin capacitate. Dar mai există cuplaje prin rezistență (sau, într-un fel mai general, prin impedanță) comună.

IGNOTUS: Eu nu întrevăd unde se pripășesc aceste rezistențe comune.

CURIOSUS: Iată (fig. 71), desenat foarte schematic, trei etaje de amplificare de înaltă frecvență. Pentru mai multă claritate n-am desenat decît calea curenților de placă i_1, i_2 și i_3 ai tuburilor respective T_1, T_2 și T_3. Circuitele de grilă și circuitele ecran sînt omise. Urmărește acum cu creionul drumurile curenților de placă. Vei vedea că i_1, părăsind catodul lui T_1, trece prin LC, prin legăturile însemnate cu i_1, prin sursa de înaltă tensiune a curentului de placă, prin celelalte legături însemnate cu i_1 și revine prin R_1 (rezistența de polarizare) la catod. Acum, examinează în același fel curentul de placă i_2 al celui de al doilea tub. Ce vezi?

IGNOTUS: Într-adevăr, pe o parte din drumul său el folosește aceleași legături — precum și sursa de înaltă tensiune — ca și curentul i_1. Același lucru în ceea ce privește i_3; și sursa de înaltă tensiune ca și legăturile însemnate cu $i_1 + i_2 + i_3$ sînt parcurse în același timp de cei trei curenți. Trebuie să se producă acolo un amestec de nedescurcat!

CURIOSUS: Dacă sursa de înaltă tensiune și legăturile n-au nici o rezistență, nu trebuie să ne fie teamă de nici un amestec. Din nefericire, nu aceasta trebuie să ne îngrijoreze. Fiecare curent produce, în aceste rezistențe comune, căderi de tensiune. Acelea care sînt produse de componentele continue ale curentului sînt constante și nu prezintă nici un inconvenient. Nu același lucru se poate spune însă în ceea ce privește componentele variabile, care produc în rezistențele comune tensiuni variabile care se comunică celorlalte circuite. Astfel, tensiunile produse de componenta variabilă a lui i_1 se vor găsi

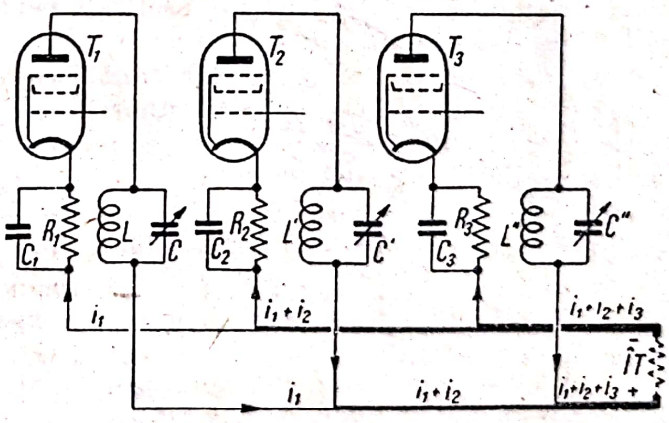


Fig. 71. În acest montaj curenții de placă ai diferitelor tuburi utilizează drumuri comune. Sursa de înaltă tensiune este simbolizată printr-o rezistență.

aplicate între anozii lui T_2 și T_3. Același lucru pentru ceilalți curenți.

IGNOTUS: Văd că aceasta constituie un teribil cuplaj între toate tuburile, căci oscilațiile de curent ale fiecăreia din ele au repercusiuni imediate asupra tensiunilor electrozilor celorlalte tuburi. Acestea trebuie să dea naștere, fără îndoială, unor fenomene foarte neplăcute.

CURIOSUS: Bineînțeles. După caz, se produce o scădere a amplificării (atunci

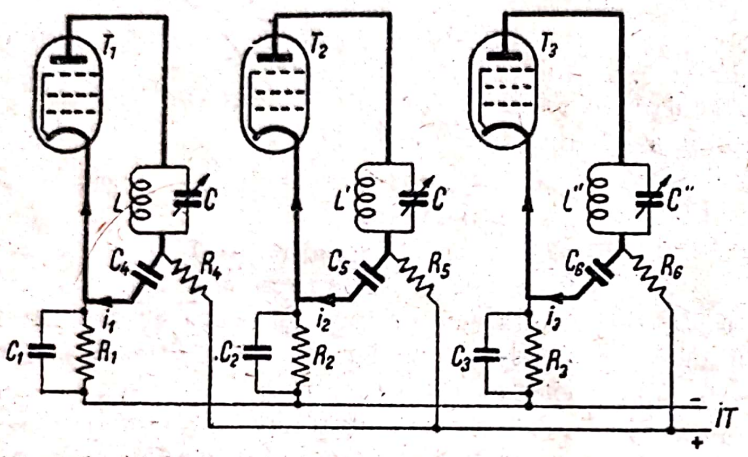


Fig. 72. Aici, datorită decuplajului, componenta alternativă a curentului fiecărui tub parcurge un drum propriu, desenat prin linii groase.

cînd tensiunile care vin de la alte tuburi acționează în sens contrar oscilațiilor tubului însuși), sau adesea aceste cuplaje dau loc la „acroșaje" spontane (dacă oscilațiile impuse de alte tuburi acționează în același sens ca și propriile oscilații ale tubului).

IGNOTUS: Dar trebuie să existe un mijloc de-a face fiecare tub independent de celelalte.

CURIOSUS: Da. Acest mijloc, numit *decuplaj*, constă în a nu lăsa componentele variabile ale curenților de placă să se plimbe prin tot receptorul, prin legături și prin sursa comună de înaltă tensiune.

Triumful independenței

IGNOTUS: Presupun că, în acest scop, trebuie să separăm mai întîi componenta continuă.

CURIOSUS: Este ceea ce și facem. De îndată ce curentul de placă total a trecut de impedanța de placă — în cazul de față prin *LC* (fig. 72) — se separă componentele alternative și continue printr-o bifurcație analogă cu aceea pe care ai văzut-o folosită pentru reglajul reacției cu ajutorul unui condensator variabil. Componenta alternativă revine direct la catod, prin condensatorul C_4, care în schimb se opune la trecerea componentei continue. Aceasta folosește calea rezistenței R_4 și nu revine la catod decît după ce a trecut prin sursa de înaltă tensiune și prin rezistența de polarizare R_1. Vezi astfel că drumul componentei alternative este limitat la circuitul catod-anod (marcat cu linii groase), propriu fiecărui tub. Nicăieri componenta alternativă a unui tub nu merge în circuitele celorlalte tuburi.

IGNOTUS: Pe scurt, dacă am înțeles bine, decuplajul asigură tuburilor o funcționare independentă.

CURIOSUS: Este cît se poate de exact. Observă în plus că scurtînd drumul componentei alternative, decuplajul mai are avantajul de a micșora riscurile inducțiilor parazite. Acum pot să-ți desenez (fig. 73) schema completă a unui etaj de amplificare, așa cum este conceput în receptoarele moderne. Este exact același lucru ca și schema din fig. 72.

IGNOTUS: Mi se pare totuși diferit. În fig. 72 condensatoarele de decuplaj C_4, C_5 și C_6 revin direct la catozii tuburilor corespunzătoare. Or, în fig. 73, condensatorul de decuplaj C_3 merge la înalta tensiune.

CURIOSUS: Ai dreptate. Teoretic acest ultim aranjament este mai puțin eficace, deoarece componenta varia-

bilă a curentului de placă, în loc de a reveni la catod numai prin condensatorul de decuplaj, trebuie în plus să mai traverseze condensatorul de polarizare C_1, ceea ce este evident mai obositor

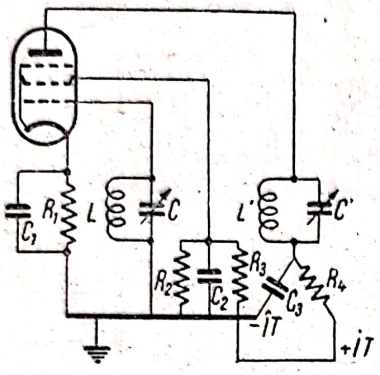


Fig. 73. Montajul decuplat al unei pentode.

pentru ea. Cu toate acestea, în practică acest montaj oferă unele avantaje. Cred că ai observat că unele conexiuni ale unui receptor duc la polul negativ al înaltei tensiuni. În scopul de a avea acest pol negativ la cea mai scurtă distanță posibilă de diferite elemente care sînt legate la el, se stabilește o conexiune comună de — ÎT dintr-un fir foarte gros, care parcurge întregul receptor. Or, receptorul fiind montat pe un șasiu metalic, ceea ce servește în mod frecvent la conexiunea comună la — ÎT, cu toate că este puțin recomandabil, este chiar masa șasiului. De altfel în loc de a spune că o conexiune se face la — ÎT, se spune că ea este pusă la *masă*.

IGNOTUS: Pe scurt, după cîte am înțeles, este mult mai ușor de a lega condensatoarele de decuplaj la masa șasiului, decît de a duce legătura pînă la catod.

De la „schema schelet" la schema completă

CURIOSUS: Chiar așa, Ignotus. De altfel s-a luat obiceiul de a desena masa prin același simbol ca și pămîntul, astfel că în loc de a reprezenta o singură legătură de — ÎT, se desenează mai multe „mase". După această metodă de reprezentare, schema din fig. 73 va lua forma schemei din fig. 74. Dar trebuie să-ți intre bine în cap că atunci cînd vezi pe o schemă mai multe „mase", nu este vorba în realitate decît de o conexiune unică ce merge la polul negativ al înaltei tensiuni.

IGNOTUS: Și acum, ceea ce știu despre pericolele ascunse ale montajelor de recepție este tot ce trebuie pentru a putea întocmi o schemă convenabilă după care să se poată monta un receptor care funcționează?

CURIOSUS: Da, cred că acum cunoști aproape tot ce este necesar pentru aceasta. N-avem de altfel decît să reluăm schema pe care, în naivitatea ta, ai întocmit-o în decursul celei de a douăsprezecea convorbiri a noastră și de a încerca s-o facem practică. S-o desenăm mai întîi — este o metodă excelentă — sub formă... schematizată.

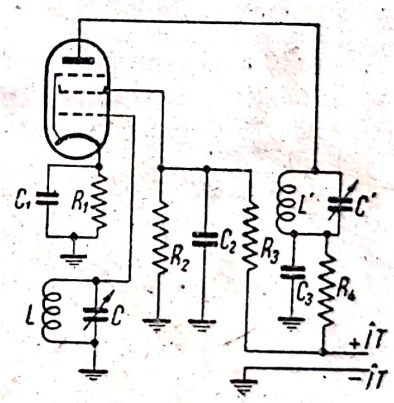


Fig. 74. Aceeași schemă ca în fig. 73, desenată cu simbolul „masă".

IGNOTUS: Sper că vei echipa cele două etaje de ÎF cu pentode.

CURIOSUS: După cum poți constata (fig. 75), voi merge chiar mai departe, folosind tot o pentodă și în al doilea etaj de joasă frecvență. Utilizarea pentodelor în acest rol este practicată astăzi în mod curent. Vezi că în schemă nu figurează decît circuitele esențiale de legătură între tuburi. Cît despre elementele de decuplaj, cum și rezisten-

ţele care fixează tensiunea de polarizare şi de grile-ecran, „schema schematizată“ nu le cuprinde.

IGNOTUS: Pe scurt, ai prezentat „scheletul“ unui montaj cu două etaje de amplificare de înaltă frecvenţă, de-

Sînt unde şi unde...

IGNOTUS: Stai... Sînt aici unele lucruri care mă enervează: de exemplu, bobinele L_1, L_2, L_3, L_4 şi L_5, care par împărţite în două.

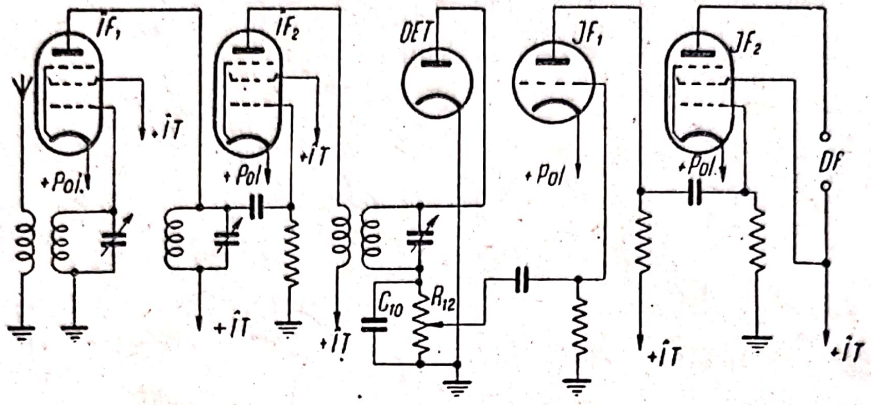


Fig. 75. Schema de principiu a receptorului cu două etaje de înaltă frecvenţă.

tecţie prin diodă şi două etaje de joasă frecvenţă. Ai putea acum să îmbraci acest schelet transformîndu-l într-un organism complet?

CURIOSUS: Nu este greu. Iată schema completă (fig. 76). Înaintea oricărei alte particularităţi, observă rezisten-

CURIOSUS: Într-adevăr. Fiecare din aceste bobine se compune din două părţi. Toate părţile inferioare pot fi scurtcircuitate cu ajutorul întreruptoarelor K. Această manevră se îndeplineşte de altfel simultan printr-un buton de comandă, întreruptoarele fiind

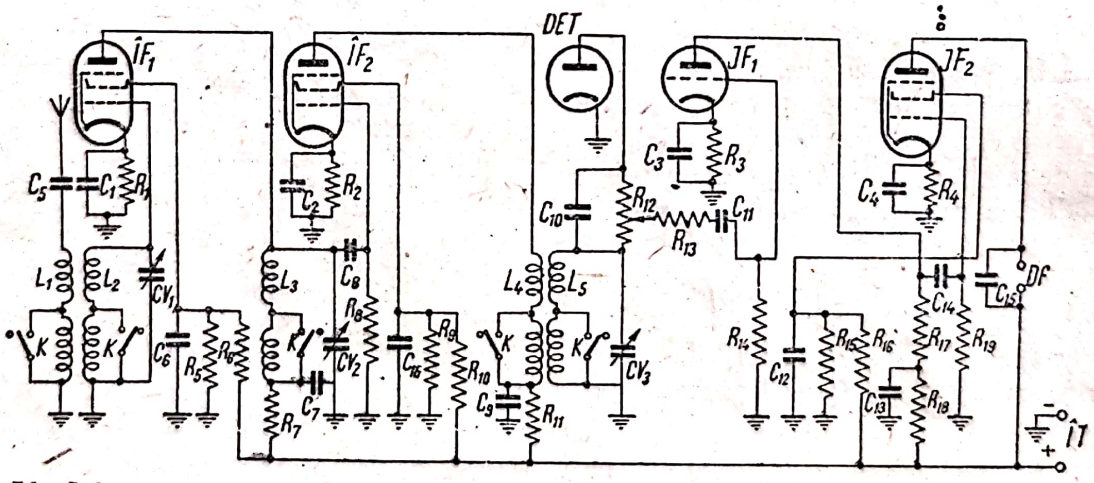


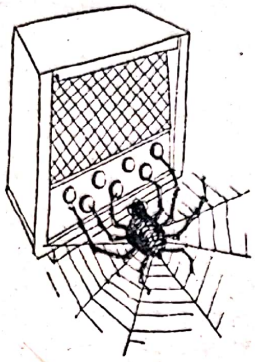
Fig. 76. Schema completă a receptorului. Rezistenţa R_{13} are ca scop de a bara calea componentei de înaltă frecvenţă, din care rămîne o urmă după detecţie.

ţele de polarizare R_1, R_2, R_3 şi R_4; rezistenţele care fixează tensiunile grilelor-ecran R_5 şi R_6, R_9 şi R_{10}, R_{15} şi R_{16}; rezistenţele de decuplaj R_7, R_{11} şi R_{18}...

dispuse pe un singur ax şi formînd astfel un *comutator*.

IGNOTUS: Foarte bine! În caz contrar, pentru a regla repede un astfel de

receptor, ar fi trebuit să avem mai multe perechi de braţe, asemenea unui păianjen...



CURIOSUS: Cînd întreruptoarele sînt închise, numai părţile superioare ale bobinelor rămîn în circuit. Cu aceste bobine, rotaţia completă a condensatorului variabil permite de a acorda circuitul pe lungimi de undă de la 200 la 600 m (sau mai exact, pe frecvenţele corespunzătoare). Este ceea ce numim „gama de unde medii" (sau prescurtat UM). Dar în Europa lungimile de undă ale emiţătoarele de radio sînt împărţite în două „benzi" sau „game". Astfel, în afară de emiţătoarele ale căror lungimi de undă sînt cuprinse în gama de unde medii, mai multe emiţătoare funcţionează pe lungimi de undă cuprinse între 1 000 şi 2 000 m, care constituie „gama undelor lungi" (UL). Pentru a recepţiona undele lungi, se măreşte inductanţa circuitelor cu ajutorul bobinelor adiţionale, pe care le plasăm înserie cu bobinele care servesc la recepţionarea undelor medii. Pe schema noastră, bobinele suplimentare sînt plasate dedesubtul bobinelor pentru unde medii, şi atunci cînd recepţionăm unde medii, acestea sînt scurtcircuitate (sau practic eliminate) cu ajutorul comutatorului *K*. Pentru recepţionarea undelor lungi, comutatorul *K* se deschide şi inductanţa tuturor circuitelor creşte, ca urmare a faptului că în acest caz, ele se compun din două înfăşurări puse în serie.

IGNOTUS: Bine că nu sînt decît două game, altfel ar fi devenit al naibii de complicat.

CURIOSUS: Dar, Ignotus, eu încă nu ţi-am spus că mai există emiţătoare care funcţionează pe lungimi de undă sub 200 m. Acestea sînt undele scurte (US). Unele emiţătoare utilizate mai ales în televiziune funcţionează chiar pe lungimi de undă sub 10 m, adică pe unde ultrascurte (UUS). Pentru a recepţiona toate gamele sau cel puţin undele scurte, undele medii şi undele lungi, trebuie să dispunem de mai multe valori ale inductanţei. Astfel, pentru a parcurge fără întrerupere intervalul mergînd de la 12 la 2 000 m cu un condensator variabil de 500 pF trebuie să dispunem de cinci valori ale inductanţei.

IGNOTUS: Cred că în acest caz comutarea devine extrem de complicată.

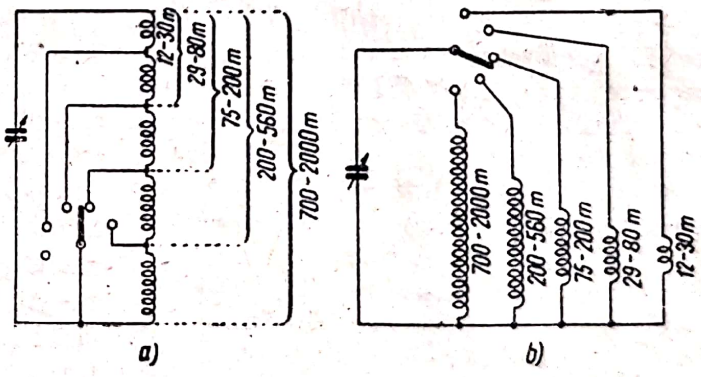


Fig. 77. Două metode de comutare pentru cinci game de unde:
a — comutarea serie; *b* — comutarea cu bobine independente.

CURIOSUS: Nicidecum. Un comutator cu cinci poziţii, care nu este decît extinderea celui pe care noi l-am studiat, permite în acelaşi fel (fig. 77, *a*) asigurarea punerii succesive în serie a cinci înfăşurări. Se poate (fig. 77, *b*) folosi de asemenea pentru fiecare gamă o înfăşurare independentă, lăsînd în

acest caz pe celelalte neîntrebuinţate. Actualmente sînt rare receptoarele destinate să recepţioneze numai undele medii şi lungi. Cea mai mare parte mai recepţionează una sau mai multe game de unde scurte. Le numim „receptoare pentru toate undele". Majoritatea receptoarelor actuale cuprind trei game: UL, UM şi US.

IGNOTUS: Mă uit din nou la schema receptorului (fig. 76) şi nu pot să-mi explic poziţia bizară a condensatorului C_7. În aparenţă este condensatorul de decuplaj (cu rezistenţa R_7) al circuitului anodic al primului tub. Dar de ce este plasat chiar în circuitul oscilant format din L_3 şi CV_2?!

CURIOSUS: Pentru un motiv foarte prozaic. În condensatoarele variabile moderne, armăturile mobile nu sînt izolate de carcasa metalică a condensatorului (numai armăturile fixe sînt izolate). La rîndul său, carcasa condensatorului este fixată pe masa metalică a şasiului, care este la potenţialul negativ al sursei de înaltă tensiune. Este deci obligatoriu ca în montajul nostru, armăturile mobile ale lui CV_2 să fie la potenţialul — ÎT. Or, bobina L_3 este legată de + ÎT prin rezistenţa R_7. Trebuie deci să separăm pe CV_2 de L_3 din punct de vedere al tensiunii continue, fără a întrerupe totuşi circuitul oscilant pentru înaltă frecvenţă. Condensatorul C_7, care este de capacitate mare, se pretează foarte bine acestui rol: lăsînd trecerea liberă pentru înaltă frecvenţă, împiedică trecerea curentului continuu între — ÎT şi + ÎT prin R_7.

IGNOTUS: Ei bine, această explicaţie clarifică pentru mine şi o altă problemă care mă sîcîie de la un timp. Mă întrebam de ce organele de detecţie R_{12} şi C_{10}, care în schema schelet se găseau între circuitul L_5, CV_3 şi masă, sînt plasate acum între acest circuit şi anodul diodei. Cred că şi acest lucru l-ai făcut pentru a lăsa armăturile lui CV_3 la masă.

CURIOSUS: Văd că ai înţeles foarte bine lucrurile şi deoarece chiar orologiile cele mai leneşe au sunat cele douăsprezece lovituri care vestesc miezul nopţii, putem încheia convorbirea noastră.

IGNOTUS: Mai spune-mi, ce rost are această săgeată proptită de rezistenţa de detecţie R_{12}?

CURIOSUS: Această rezistenţă este în realitate un potenţiometru...

IGNOTUS: Să fie oare un instrument pentru măsurarea potenţialului?

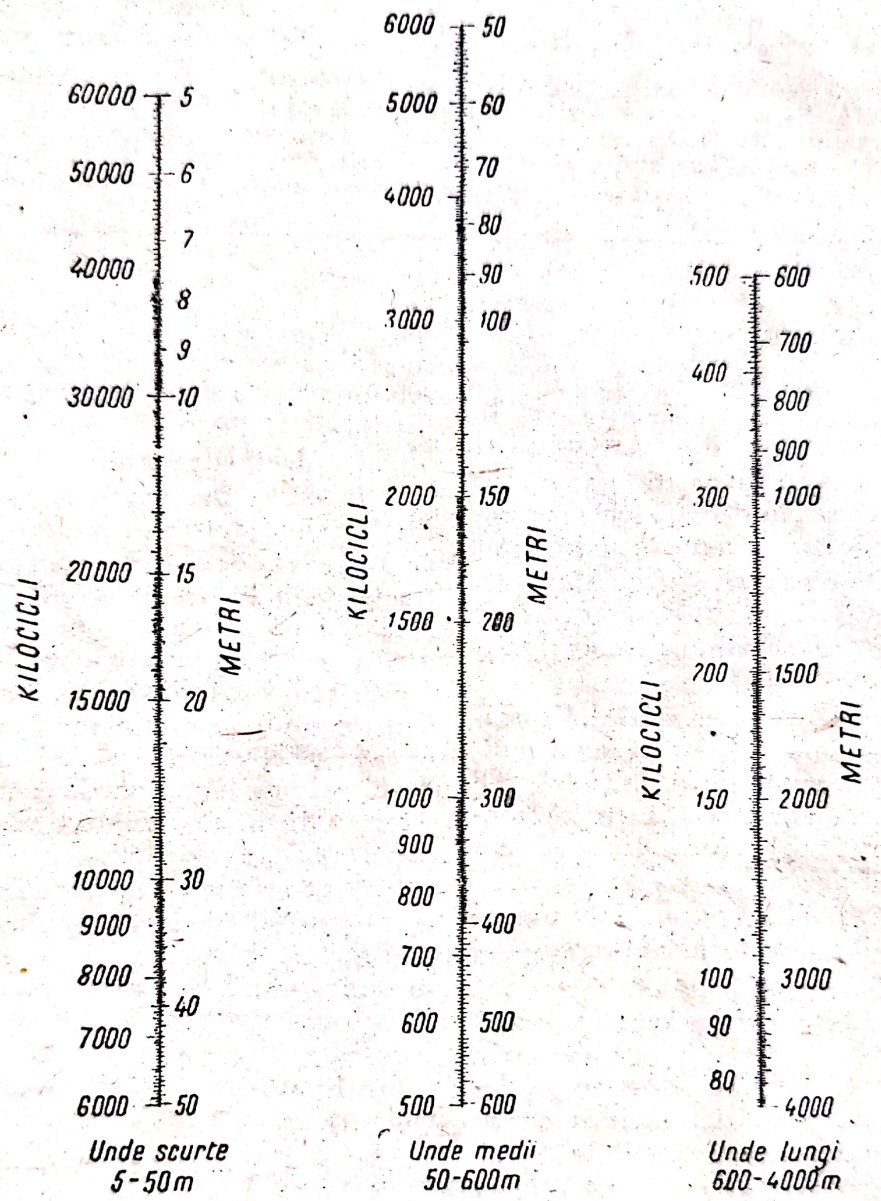
CURIOSUS: Nu, Ignotus, etimologia cuvîntului te-a indus în eroare. Potenţiometrul este o rezistenţă pe care un cursor (reprezentat prin săgeată) permite să se facă contact cu unul din punctele intermediare.

IGNOTUS: Prin urmare, care este rostul lui?

CURIOSUS: Pe rezistenţa R_{12} noi culegem tensiunea detectată. Dar aceasta poate să fie prea mare, astfel încît amplificarea de JF să ne dea o audiţie prea puternică. Pentru a reduce intensitatea sonoră este de ajuns să aplicăm tubului următor numai o parte din tensiunea detectată. Acest lucru îl putem face cu potenţiometrul R_{12}, al cărui cursor interceptează o parte mai mică sau mai mare a tensiunii dezvoltate. Astfel, R_{12} serveşte la *reglajul intensităţii sonore*.

IGNOTUS: Este într-adevăr un lucru foarte util şi-mi pare rău că vecinul meu de la etajul de jos, care adoră acordeonul, nu-l foloseşte mai des.

Corespondența dintre frecvență și lungimea de undă



Pentru a găsi lungimea de undă corespunzătoare unei frecvențe (sau invers) se determină punctul corespunzător pe scara frecvențelor și același punct permite citirea lungimii de undă pe scara de mai sus.

Frecvențele sînt exprimate în kilocicli, adică în mii de perioade pe secundă.

Exemple:

20 000 kilocicli corespund la..... 15 metri;
1 200 kilocicli corespund la..... 250 metri;
400 kilocicli corespund la..... 750 metri.

CONVORBIREA a 15-a

Pînă acum, Curiosus a lăsat în mod intenționat de o parte problemele de alimentare. El a vorbit de surse de curent de încălzire și de placă, fără a le preciza natura. Astăzi Ignotus va învăța cum sînt realizate dispozitivele de redresare și filtraj al curentului alternativ. Va fi tratat de asemenea cazul rețelei de curent continuu, astfel că alimentarea nu va mai avea secrete pentru cititor.

Probleme alimentare

IGNOTUS: Mă simt uneori ca un călător însetat care zadarnic urmărește în deșert un miraj ispititor. Astfel, după ultima noastră convorbire am crezut că am examinat în sfîrșit o schemă completă și definitivă a unui receptor. Dar o dată reîntors acasă, am constatat cu amărăciune că mai lipsește ceva.

CURIOSUS: Ce anume, sărmanul meu Ignotus?

IGNOTUS: O parte esențială: dispozitivul de alimentare pe care te-ai mulțumit să-l însemni prin inițialele ÎT (înaltă tensiune). Această înaltă tensiune nu ne vine totuși din cer, sub formă de fulger!

CURIOSUS: Ai dreptate. Dar puteai să presupui că este furnizată receptorului de o baterie de acumulatoare.

IGNOTUS: Nu țin de loc să fac asemenea presupuneri. Știu prea bine că de foarte mult timp nu se mai folosesc pilele și acumulatoarele decît în micile aparate portative sau în receptoarele destinate regiunilor mai puțin dezvoltate care n-au cunoscut încă binefacerile electrificării. Dar în cea mai mare parte a receptoarelor actuale, alimentarea este asigurată de curentul de rețea. Mi se pare de neînțeles că deși curentul de rețea este în cele mai multe cazuri alternativ, totuși ne servim de el pentru a crea o tensiune continuă între catozii și anozii tuburilor...

CURIOSUS: Înainte de a ajunge acolo el este în prealabil redresat. *A redresa* un curent alternativ înseamnă a-l împiedica să circule în două sensuri, impunîndu-i o direcție unică.

IGNOTUS: Pe scurt, redresarea nu-i altceva decît detecția.

CURIOSUS: Da, procedeul și mijloacele întrebuințate sînt aceleași. Numai că aici avem de-a face cu un curent de frecvență industrială între 25 și 60 de perioade pe secundă și trebuie să redresăm o intensitate relativ mare: mai multe zeci de miliamperi. Pentru redresare noi folosim bineînțeles o diodă, ai cărei electrozi sînt totuși mai mari decît cei ai unei diode detectoare. Această diodă este numită adesea „supapă" sau „redresoare".

IGNOTUS: Este deci suficient de a așeza o astfel de supapă în drumul curentului de la rețea, pentru a-i impune un drum unic, căci electronii nu pot merge decît de la catod la anod și nu invers.

CURIOSUS: Chiar așa. Această supapă (fig. 78) poate fi așezată indiferent de

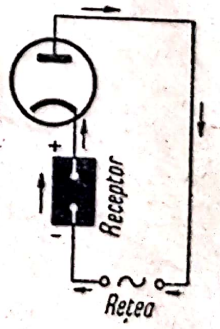


Fig. 78. Schema celui mai simplu redresor.

partea + ÎT sau — ÎT, adică la intrarea sau la ieșirea electronilor. Esențial este să se observe ca sensul circulației im-

puse de supapă să fie astfel încît electronii care intră în receptor să parcurgă în tuburi drumul care merge de la catozi spre anozi.

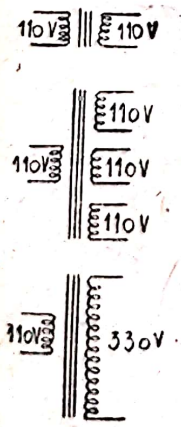
Pericol!... înaltă tensiune!

IGNOTUS: Dar mi-e teamă că înalta tensiune astfel obținută o să fie insuficientă, căci rețeaua de care dispun eu nu dă decît 110 volți. Or, altădată mi-ai spus că unele tuburi necesită între anod și catod o tensiune de mai multe sute de volți. Ce să fac cu cei 110 volți ai mei?

CURIOSUS: Vei pierde mai întîi o parte prin căderea de tensiune în redresoare, care, nu uita, posedă o anumită rezistență internă. Nu vei fi deci în cîștig... Din fericire, noi dispunem de un mijloc foarte simplu care permite să ridicăm în proporția dorită tensiunea curentului alternativ.

IGNOTUS: Și care este acel mijloc minunat?

CURIOSUS: Vechea noastră cunoștință: transformatorul. Presupune, Ignotus, că am dispune de un transformator care ar avea același număr de spire în înfășurarea primară ca și în cea secundară. Dacă ai aplica 110 volți la primar, ce tensiune va apare la extremitățile secundarului?



IGNOTUS: Presupun că aceeași, fiindcă înfășurările sînt identice.

CURIOSUS: Bine gîndit. Acum presupune că transformatorul are mai multe înfășurări secundare, de exemplu trei, avînd toate același număr de spire ca și primarul. În acest caz, aplicînd 110 volți la primar vom obține 110 volți la fiecare înfășurare secundară. Să reunim cele trei înfășurări secundare una după alta. Tensiunile se vor aduna, și între începutul primei și sfîrșitul celei de a treia înfășurări vom obține 330 volți.

IGNOTUS: Văd că cele trei înfășurări secundare ale noastre au devenit acum o singură înfășurare. Și pentru a-ți arăta posibilitățile mele de inducție, trag concluzia că transformatorul permite de a ridica (sau coborî) o tensiune de atîtea ori de cîte ori secundarul său are mai multe (sau mai puține) spire ca primarul.

CURIOSUS: Te felicit, Ignotus. Vorbești ca un tratat de fizică și meriți din ce în ce mai puțin numele ce-l porți... Vezi, deci, că transformatorul permite de a ridica cu ușurință tensiunea înainte de a redresa curentul (fig. 79). Vom alege raportul numărului de spire (sau *raportul de transformare*) după tensiunea pe care dorim s-o obținem.

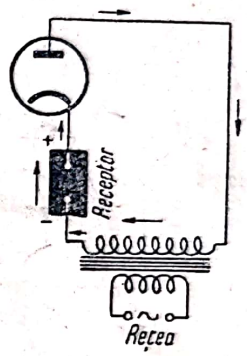


Fig. 79. Redresor cu transformator ridicător de tensiune.

IGNOTUS: Totuși, este aici ceva care nu mi se pare destul de clar. Fiecare perioadă a curentului alternativ are două alternanțe: ducerea și întoarcerea. Or, noi nu folosim decît una (fig. 80). N-am putea oare, printr-un artificiu, să obligăm și curentul celei de a doua alternanțe să ia în receptorul pe care-l alimentează același sens obligatoriu?

Fig. 80. Prin linii pline este arătată forma curentului redresat de dispozitivele din fig. 78 și 79, iar prin linie punctată, alternanțele oprite de redresor și neutilizate.

Arta de a folosi alternanțele de rebut

CURIOSUS: Da, aceasta se realizează în „redresarea de două alternanțe". Folosim în acest scop două dispozitive de alimentare identice cu cel din

fig. 79. Așezîndu-le alăturat (fig. 81), vedem că în amîndouă curentul parcurge receptorul în același sens. Putem

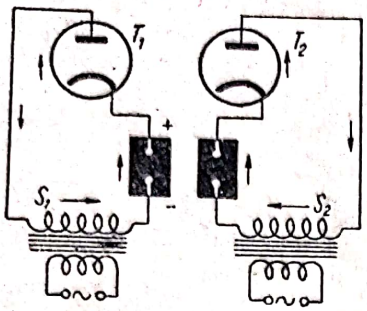


Fig. 81. Aceste două redresoare sînt identice cu cel din fig. 79, fiecare redresînd o alternanță.

deci alimenta astfel un singur receptor (fig. 82). Fiecare din redresoare va redresa una din cele două alternanțe.

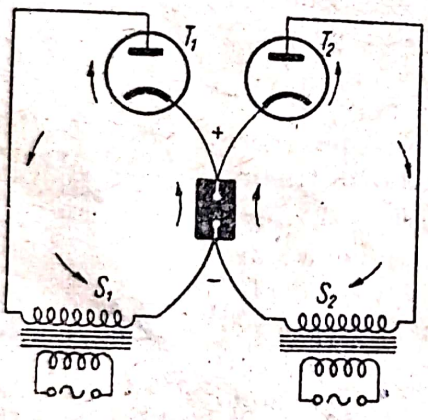


Fig. 82. Cele două redresoare din fig. 81 alimentînd același receptor prin redresarea celor două alternanțe.

Poți de altfel să urmărești drumul curentului pentru fiecare alternanță.

IGNOTUS: Într-adevăr. Atunci cînd în timpul unei alternanțe, electronii parcurg înfășurarea secundară mergînd de la stînga la dreapta, vor traversa receptorul ieșind din S_1, mergînd de la catodul la anodul lui T_1 și vor reveni la S_1. Din contra, ei nu vor putea circula în S_2, căci sensul de la anodul la catodul lui T_2 le este interzis. În timpul alternanței următoare, mergînd în înfășurările secundare de la dreapta la stînga, ei se vor ciocni, ieșind din S_1, de anodul lui T_1, unde vor fi opriți. Dar ei se vor plimba ușor, ieșind din S_2 prin receptor și prin redresoarea T_2 pentru a reveni la S_2. În cele două cazuri, electronii traversează receptorul în același sens.

CURIOSUS: Vezi deci că noi folosim cele două alternanțe ale curentului (fig. 84). Observă acum că cele două înfășurări secundare au un punct comun.

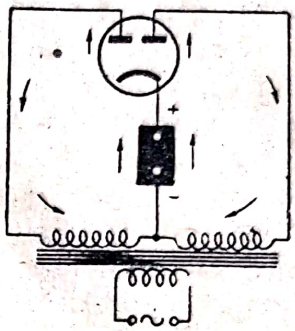


Fig. 83. Se pot înlocui cele două redresoare din fig. 82 printr-o singură redresoare biplacă.

Vom înlocui cele două transformatoare prin unul singur, al cărui secundar va fi prevăzut cu o priză mediană. Catozii celor două redresoare sînt legați împreună. Să punem deci cele două redresoare în același balon de sticlă și

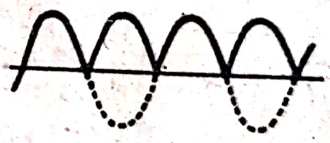


Fig. 84. Cu linie plină — forma curentului obținut prin redresarea celor două alternanțe; cu linie punctată — alternanța oprită de o placă, dar redresată de cealaltă.

să înlocuim cei doi catozi printr-un catod comun. Obținem astfel o redresoare cu doi anozi sau o redresoare „biplacă", al cărei montaj este reprezentat în fig. 83.

Probleme de echilibru

IGNOTUS: Dar, în toate aceste montaje de redresare, cum încălzești filamentul redresoarei pentru a aduce catodul care-l înconjoară la temperatura

necesară pentru ca să se producă emisia electronică.

CURIOSUS: Acest filament este încălzit de un curent alternativ de joasă tensiune, în general de 4 sau 6,3 volți. Se poate folosi în acest scop un al doilea transformator coborîtor de tensiune. Dar cel mai adesea, tensiunea de încălzire se obține de la o mică înfășurare secundară, așezată pe transformatorul de alimentare, alături de înfășurarea de înaltă tensiune. De altfel, dată fiind intensitatea relativ mare pe care trebuie s-o furnizeze redresoarele, ele sînt adesea cu încălzire directă și atunci chiar filamentul servește drept catod emițător de electroni.

IGNOTUS: Și în acest caz, se încălzesc tot cu curent alternativ?

CURIOSUS: Bineînțeles. Astfel, dispozitivul nostru de redresare a unei alternanțe (fig. 79) sau a două alternanțe (fig. 83) se prezintă practic așa cum este indicat în fig. 85, respectiv 86.

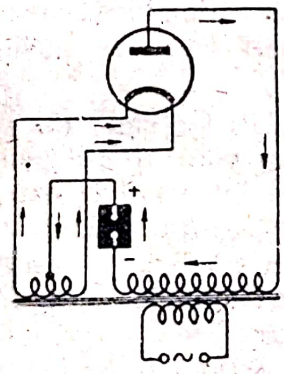


Fig. 85. Schema practică a redresorului din fig. 79.

IGNOTUS: Dar pentru ce, în aceste scheme, în loc de a fi legat direct la filamentul redresoarei, receptorul este legat la priza mediană a înfășurării de încălzire a transformatorului?

CURIOSUS: Pentru că, dacă catodul redresoarei cu încălzire directă avea toate punctele la același potențial, aici din contra, filamentul care este parcurs de curent alternativ are în diversele sale puncte un potențial variabil. În raport cu punctul său de mijloc, extremitățile sale au alternativ +2 și —2 volți în redresoarele încălzite la 4 volți.

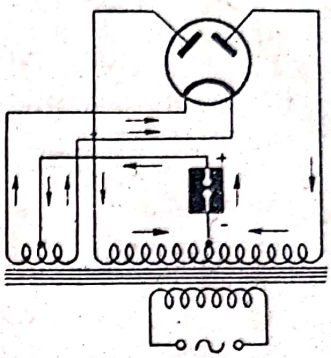


Fig. 86. Schema practică a redresorului din fig. 83.

IGNOTUS: Acest lucru îmi amintește de un scrînciob pe care l-am confecționat în copilărie, punînd o scîndură în echilibru pe un trepied.

CURIOSUS: Ei bine. Singurul punct al acestui scrînciob care rămîne nemișcat este punctul său de mijloc. La fel în filament, singurul punct cu potențial constant este punctul său de mijloc. Numai că, deoarece este dificil de a ajunge la mijlocul balonului, legăm receptorul la mijlocul înfășurării de încălzire. Din punctul de vedere al potențialului, aceste două puncte sînt echivalente.

Apa de Colonia... și nivelarea curentului redresat

IGNOTUS: Ceea ce mi se pare puțin neobișnuit este că în redresoarele noastre catodul este acela care constituie polul pozitiv și înfășurarea anodului este polul negativ. Pînă acum, în tuburile receptorului, eu eram obișnuit să găsesc polul pozitiv de partea anodului și cel negativ de partea catodului.

CURIOSUS: Îngrijorarea ta este inutilă, Ignotus. Nu este normal ca ceea ce servește ca sursă de energie să fie conceput ca inversul a ceea ce consu-

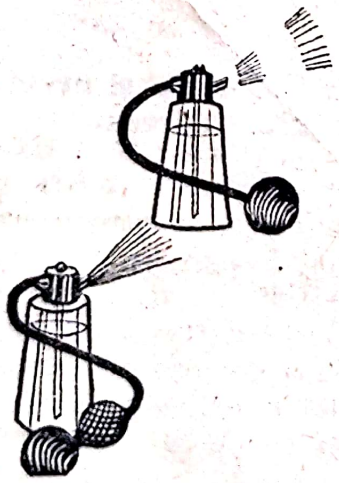
mă?... Şi nu uita apoi, că noi numim „anod“ punctul prin care electronii ies şi „catod“ acela prin care ei intră. Or, *ieşind* din anozii tuburilor receptorului, electronii *intră* în catodul redresorului, *ies* din anodul său şi *intră* în catozii tuburilor de recepţie. Vezi că totul este normal.

IGNOTUS: Într-adevăr. Dar... Scuză-mă: am astăzi o dorinţă teribilă de a formula obiecţiuni... Dar, zic eu, curentul pe care-l furnizează redresorul (fig. 80 sau 84) este departe de a avea acea plăcută constanţă care caracterizează curentul continuu. Curentul, chiar dacă nu-şi schimbă direcţia, este totuşi un curent de intensitate permanent variabilă.

CURIOSUS: Desigur, dacă-l aplici aşa brut la tuburile receptorului, curenţii lor de placă vor urma aceste variaţii, care se vor traduce în difuzor într-un huruit înspăimîntător.

IGNOTUS: Dar trebuie să existe desigur un mijloc pentru a face acest curent redresat perfect continuu.

CURIOSUS: Bineînţeles. Acest lucru este obţinut cu ajutorul unei „nivelări“ sau, cum se spune, un *filtraj*. Curentul redresat brut se poate compara cu jetul



de apă de Colonia pe care-l dau pulverizatoarele ieftine cu un singur balon, prin comprimare de mai multe ori la rînd. Datorită supapelor aşezate la intrarea şi la ieşirea din balon, mişcarea alternativă a compresiei şi detecţiei produce o mişcare unilaterală — deşi întretăiată — a aerului.

IGNOTUS: Este deci o redresare!

CURIOSUS: Chiar aşa... Dar în pulverizatoarele mai perfecţionate se obţine un debit continuu al apei de Colonia, datorită unui al doilea balon aşezat după primul. Acest al doilea balon, ai cărui pereţi de cauciuc sînt foarte subţiri şi extensibili, se umflă în momentul cînd primul îi trimite un suflu de aer. Apoi în timp ce primul aspiră un nou suflu destinzîndu-se, al doilea balon se desumflă încet, debitînd în orificiul pulverizatorului un jet regulat de aer. Astfel, al doilea balon joacă rolul de rezervor destinat să egalizeze debitul prin înmagazinarea excedentului de aer în momentul cînd primeşte un impuls şi apoi descărcîndu-se... Nu-ţi aduci aminte de un lucru care joacă acelaşi rol în electricitate?

IGNOTUS: Condensatorul!... Şi el este capabil de a se încărca şi a se descărca.

CURIOSUS: Un condensator este deci ceea ce noi vom utiliza pentru filtraj. Aşezîndu-l între polii pozitiv şi negativ ai redresorului, vom egaliza debitul. Totuşi, un condensator chiar de mare capacitate s-ar putea să nu fie de ajuns. Facem atunci apel la principiul volantului, care în maşinile cu abur şi motoarele cu ardere internă serveşte la egalizarea neregularităţii mişcării produsă de acel du-te-vino al pistoanelor. Prin inerţia sa, volantul menţine regularitatea mişcării. Cunoşti o mărime electrică care ca şi inerţia se opune variaţiei curentului?

IGNOTUS: Bineînţeles. Este inductanţa.

CURIOSUS: Perfect. Astfel, pe drumul curentului redresat se aşază o bobină cu miez de fier (nu sîntem în cazul unei frecvenţe foarte joase?) cu inductanţă ridicată. Apoi închi-

dem filtrul nostru (fig. 87) printr-un al doilea condensator, care va folosi la perfectarea nivelării. De altfel, cînd vrem să obţinem un filtraj foarte în-

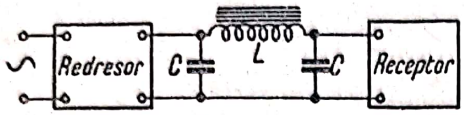


Fig. 87. Celulă de filtraj *CLC* aşezată între redresor şi receptor, care serveşte la „nivelarea" curentului.

grijit, putem folosi consecutiv două sau trei „celule" de filtraj, compuse ca şi aceea din fig. 87. Dar în mod obişnuit, după filtrajul printr-o singură celulă, curentul este de ajuns de filtrat pentru a fi folosit fără a produce huruituri.

IGNOTUS: O ultimă întrebare. Cum încălzim tuburile receptorului? Eu cred că tot cu ajutorul curentului alternativ.

Ultimele cuvinte despre încălzire

CURIOSUS: Şi nu te înşeli. În acest scop, pe transformatorul de alimentare (fig. 88) se aşază un al treilea secundar de joasă tensiune, care serveşte la încălzirea filamentului tuburilor. În general, toate tuburile sînt cu încălzire indirectă, afară, uneori, de ultimul (sau *tubul final*). Acest tub trebuie să furnizeze difuzorului un curent relativ important, şi pentru a obţine o emisie electronică ridicată, aşa cum era cazul şi pentru redresoare, în anumite modele se preferă folosirea chiar a filamentului în calitate de catod.

IGNOTUS: Dar cum polarizăm un astfel de tub?

CURIOSUS: După acelaşi principiu ca şi tuburile cu încălzire indirectă: făcînd catodul pozitiv în raport cu grila, cu ajutorul unei rezistenţe intercalate între catod şi polul negativ al înaltei tensiuni. Numai că aici catodul este la potenţial variabil. Ca şi în cazul redresoarelor cu încălzire directă, vom conecta rezistenţa de polarizare nu la filament ci la punctul median al înfăşurării sale de încălzire, cealaltă extremitate a ei legînd-o la polul negativ al înaltei tensiuni... Şi iată, Ignotus, cunoşti acum tot ce trebuie despre alimentarea receptoarelor.

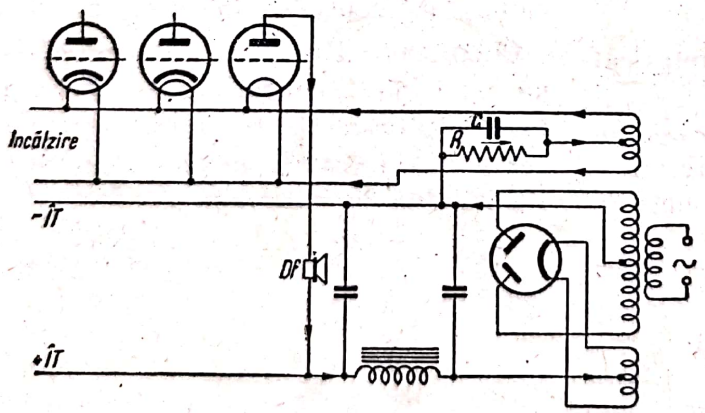


Fig. 88. Alimentarea completă a unui receptor în curent alternativ de la reţea: încălzirea, redresarea înaltei tensiuni şi filtrajul înaltei tensiuni. Rezistenţa *R* şi condensatorul său de decuplaj *C* servesc la polarizarea tubului de ieşire care este cu încălzire directă. Săgeţile indică drumul curentului de placă al acestui tub.

Ignotus comite o greşeală de neiertat

IGNOTUS: Nu sînt de loc de aceeaşi părere. Nu uita că am un unchi desenator, căruia i-am promis să-i montez un receptor deservit de o reţea de curent continuu de 110 volţi.

CURIOSUS: „Deservit" este chiar cuvîntul!... Căci în cazul curentului continuu, în afară de folosirea unui motor electric care antrenează o maşină generatoare de curent, nu putem să ne gîndim la alt mod de ridicare a tensiunii.

IGNOTUS: Şi transformatorul?...

CURIOSUS: Ignotus! Mă faci de ruşine cu ignoranţa ta! Ai uitat că transformatorul se bazează pe principiul inducţiei şi că nu există inducţie decît acolo unde există variaţie de curent!

IGNOTUS: Într-adevăr. Nu m-am gîndit la aceasta. Prin urmare, transformatorul nu foloseşte la nimic în curent continuu. Dar ce facem atunci?

CURIOSUS: Ne mulţumim cu tensiunea disponibilă, risipind prin pierderi minimum posibil. Există din fericire tuburi studiate special pentru acest caz, care chiar cu o tensiune de placă de 100 volţi au încă un randament bun. Bineînţeles, n-avem nevoie să „redresăm" curentul continuu. Este necesar totuşi să-l filtrăm.

IGNOTUS: A filtra curentul continuu???... Dar este continuu !!!...

CURIOSUS: Nu te nelinişti, amice. Curentul de reţea pe care noi îl numim „continuu" este în realitate supus unei uşoare ondulaţii. Aceasta se datoreşte chiar felului în care este produs de maşinile numite „de curent continuu", dar care de fapt sînt de curent alternativ redresat cu ajutorul unui redresor sincron numit „colector".

IGNOTUS: Este al naibii de complicat şi nu înţeleg nimic.

CURIOSUS: Dacă ai avea cîteva noţiuni elementare despre maşinile electrice, m-ai înţelege. Dar aceste noţiuni nu sînt de loc necesare pentru studiul nostru despre radio. Este de ajuns să ştii că datorită uşoarei sale ondulări, curentul de la reţea trebuie să fie filtrat cu un filtru analog aceluia din fig. 87, înainte de a fi admis la tuburile receptorului.

IGNOTUS: Şi încălzirea?

CURIOSUS: Aici curentul continuu se mînuieşte cu şi mai puţină supleţă decît cel alternativ. Din cauza imposibilităţii de a coborî tensiunea cu ajutorul unui transformator, se poate produce o cădere de tensiune într-o rezistenţă judicios calculată, astfel încît să nu aplicăm la filament decît tensiunea într-adevăr necesară. De altfel, pentru încălzirea cu curent continuu s-au realizat tuburi al căror filament este încălzit sub o tensiune de mai multe zeci de volţi. În sfîrşit, se pot lega filamente în serie. Astfel, cinci filamente, necesitînd fiecare 20 volţi, legate în serie, necesită 100 volţi. Li se pot aplica fără pericol cei 110 volţi ai reţelei unchiului tău.

IGNOTUS: Este deci acelaşi principiu care serveşte la realizarea ghirlandelor luminoase pentru pomul de iarnă cu ajutorul mai multor lămpi de tensiune slabă conectate în serie.

CURIOSUS: Bineînţeles. Şi acum Ignotus, fiindcă cunoşti toate misterele înspăimîntătoare ale alimentării cu curent alternativ şi continuu, am dreptul să mă duc la odihnă?...

Scanned with OKEN Scanner

CONVORBIREA a 16-a

În această convorbire, prietenii noştri abordează în sfîrşit principiul schimbării de frecvenţă, pe care se bazează receptoarele cunoscute sub numele de „superheterodine". Începutul acestei convorbiri va necesita din partea lui Ignotus — şi de asemenea a cititorului — o atenţie deosebită. O dată depăşit punctul critic, nimic nu devine mai simplu şi mai clar decît diferitele montaje studiate, inclusiv cele cu heptodă şi octodă.

Ignotus reuşeşte să-şi supere vecinul

IGNOTUS: Nu vreau să fac pe martirul, dragă Curiosus, totuşi mi se pare că sînt o victimă a ştiinţei...

CURIOSUS: Dar de ce, sărmanul meu Ignotus?

IGNOTUS: Adineauri, ieşind de la mine, am întîlnit pe scară un vecin care cu o mutră furioasă a promis că o să-mi rupă urechile dacă o să mai fac să-i fluiere receptorul. Ca şi cum eu aş putea să fac caterinca lui să fluiere, să cînte sau să plîngă!!!

CURIOSUS: Cu toate acestea, aşa este, Ignotus. Cu detectoarea ta cu reacţie (pentru care am şi primit reproşuri amare din partea mamei tale) poţi face foarte bine să fluiere receptoarele din vecinătate. Este de ajuns pentru aceasta ca să depăşeşti limita „acroşajului" şi ca în acel moment detectoarea ta să devină un adevărat emiţător.

IGNOTUS: Ce tot vorbeşti, Curiosus? Admiţînd chiar că celelalte receptoare percep undele emise de al meu, aceste unde nu produc nici un sunet. Nu sînt ele datorite unui curent de înaltă frecvenţă pur, fără nici o modulaţie muzicală?

CURIOSUS: Este adevărat că emiţătorul tău difuzează înaltă frecvenţă nemodulată. Acest curent, după detecţia în aparatul de recepţie al vecinului, n-ar face să se audă nimic dacă el nu s-ar suprapune peste curenţii de înaltă frecvenţă ai staţiilor de emisie pe care vecinul tău vrea să le asculte. Or, cînd doi curenţi alternativi se suprapun, se produce între ei un fenomen de *interferenţă* sau de *bătăi*, care poate da naştere unui curent de frecvenţă acustică.

IGNOTUS: Mi se pare bizar. Ar trebui ca doi curenţi de înaltă frecvenţă, suprapunîndu-se, să producă un curent de frecvenţă mai ridicată.

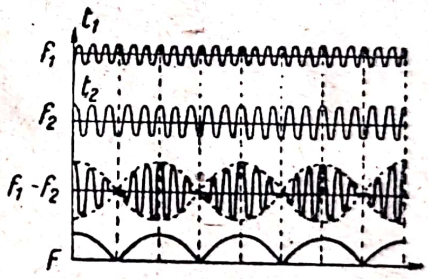
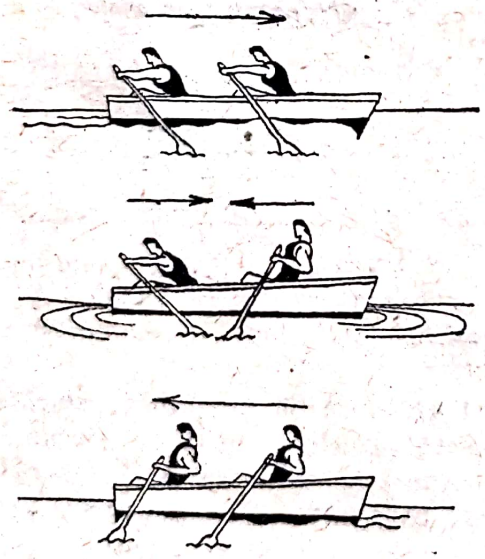


Fig. 89. Două oscilaţii f_1 şi f_2 suprapunîndu-se, produc o oscilaţie compusă $f_1 - f_2$, care după detecţie dă naştere unui curent F.

CURIOSUS: Să examinăm, dacă vrei, această problemă mai de aproape. Să presupunem că avem doi curenţi ale căror frecvenţe (şi prin urmare perioade) nu sînt cu totul identice (f_1 şi f_2, fig. 89) şi că cei doi curenţi încep în acelaşi timp. La început ei se întăresc reciproc, adică amplitudinile lor se adună. Dar după cîteva perioade decalajul se accentuează, amplitudinile nu se mai adună ci chiar, dimpotrivă, cei doi curenţi mergînd în sensuri opuse se slăbesc reciproc pînă aproape de anulare, în scurtul răstimp cînd

ei sînt exact în opoziţie. Dar decalajul continuă şi încet, încet, se slăbesc din ce în ce mai puţin, apoi întărindu-se din ce în ce mai mult, cei doi curenţi sfîrşesc prin a coincide din nou pentru un scurt timp. Şi totul reîncepe, căci decalajul se menţine. După cum vezi, curentul rezultant prezintă o serie de pulsaţii, a căror amplitudine creşte şi descreşte periodic ($f_1 - f_2$, fig. 89), cu o frecvenţă cu mult inferioară celei a celor doi curenţi componenţi. Dacă vei detecta acest curent rezultant, vei obţine un curent (fig. 89) de frecvenţă F, care caracterizează variaţia de amplitudine a pulsaţiilor. Frecvenţa curentului rezultant este egală cu diferenţa frecvenţelor celor doi curenţi componenţi.

IGNOTUS: E extrem de complicat!... Mi-ar place mai mult să-mi imaginez un exemplu concret şi anume doi vîslaşi, care, *fără să scoată vîslele din apă*, vîslesc cu un ritm uşor diferit. Eu cred



că şi aici vor fi bătăi. Atît timp cît mişcările lor vor coincide, mica lor barcă se va balansa foarte repede. Apoi va fi un decalaj, balansarea bărcii reducîndu-se. În sfîrşit, mişcările vor fi opuse. Barca va rămîne nemişcată. Încetul cu încetul mişcările vor coincide iarăşi şi barca se va balansa din nou şi aşa mai departe, alternativ balansîndu-se şi rămînînd imobilă.

CURIOSUS: Văd că ai înţeles fenomenul de interferenţă, care rezultă din compunerea mişcărilor periodice de frecvenţe diferite. Presupune acum că vecinul tău ascultă o emisiune transmisă pe o frecvenţă de 1 000 000 perioade pe secundă şi că mica şi afurisita ta detectoare cu reacţie îţi emite pe 1 005 000 perioade pe secundă. Aceşti doi curenţi, suprapunîndu-se în receptorul nenorocitului vecin, vor produce un curent a cărui frecvenţă este egală cu diferenţa frecvenţelor lor:

$$1\,005\,000 - 1\,000\,000 = 5\,000 \text{ per/s.}$$

Acest curent rezultant de 5 000 perioade pe secundă este perfect auzibil şi se manifestă sub formă de fluierături ascuţite. Şi iată cum îl sîcîi pe vecinul tău!

IGNOTUS: Te asigur că am păcătuit din neştiinţă şi acum cînd ştiu...

CURIOSUS: ...vei putea, prietene, să înţelegi cu uşurinţă teoria superheterodinei, receptor bazat pe fenomenul de interferenţă.

IGNOTUS: Să fie oare acesta un receptor care fluieră mereu?

CURIOSUS: Nu... sau, dacă vrei, este un receptor care are un fluierat neauzibil.

IGNOTUS: Şi dîndu-mi asemenea explicaţii, tu afirmi totuşi că radioul este foarte simplu!...

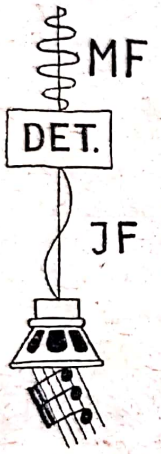
De la înaltă, prin medie, spre joasa frecvenţă

CURIOSUS: Nu te necăji, dragul meu. În superheterodină se creează bătăi între curentul de înaltă frecvenţă al staţiei ascultate şi curentul de înaltă frecvenţă al unei heterodine cuprinsă chiar în receptor. Numai că heterodina se acordează pe o astfel de frecvenţă, încît curentul rezultant al interferen-

ţei să aibă el însuşi o frecvenţă relativ ridicată, în general mai mare de 100 000 perioade pe secundă; curentul cu o astfel de frecvenţă este evident neauzibil.

IGNOTUS: Nu văd ce rost are să înlocuieşti astfel o frecvenţă ridicată prin alta mai puţin ridicată, totuşi neauzibilă.

CURIOSUS: Lasă-mă să-ţi rezum în două cuvinte mecanismul superheterodinei şi totul va deveni clar pentru tine. Deci, pe de o parte, avem în superheterodină curentul de înaltă frecvenţă indus în antenă de undele unui emiţător, iar pe de altă parte, un curent de frecvenţă puţin diferită produs de oscilatorul local. Aceşti doi curenţi se suprapun şi dau naştere unui curent de frecvenţă mult mai joasă, pe care o numim *frecvenţă intermediară* sau *medie frecvenţă* (MF). Acest curent este modulat în acelaşi fel ca şi curentul iniţial al antenei, căci schimbarea frecvenţei n-a schimbat cu nimic modulaţia muzicală pe care microfonul studioului de emisie a încorporat-o în curentul de înaltă frecvenţă. Dar curentul nostru de medie frecvenţă este mult mai uşor de amplificat decît curentul iniţial, căci frecvenţa sa este mai joasă, şi deci capacităţile vor avea mai puţine urmări pentru el. Noi îl vom amplifica astfel în etajele de amplificare de medie frecvenţă, apoi îl vom detecta ca orice curent de înaltă frecvenţă şi, în sfîrşit, după ce am amplificat curentul de joasă frecvenţă astfel obţinut, îl vom îndrepta spre difuzor.



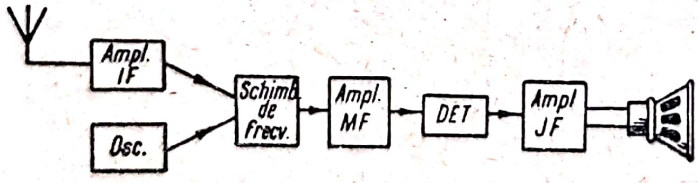


Fig. 90. Alcătuirea schematică a unei superheterodine.

IGNOTUS: Văd că superheterodina este un instrument extrem de complicat. Pînă acum receptoarele pe care le-am studiat se compuneau din etajele de înaltă frecvenţă, dintr-o detectoare şi din etajele de joasă frecvenţă, în timp ce în superheterodină există un oscilator local, un schimbător de frecvenţă, etaje de medie frecvenţă, detectoare şi etaje de joasă frecvenţă. Un receptor de acest fel trebuie să şi fie de un reglaj foarte dificil: în loc de a acorda circuitele pe o singură frecvenţă, după cum am văzut pînă aici, trebuie acordat circuitul de intrare pe frecvenţa emisiei dorite, circuitul oscilatorului local pe o altă frecvenţă şi circuitele de amplificare de medie frecvenţă pe o a treia frecvenţă...

Ignotus e cucerit de superheterodină

CURIOSUS: Linişteşte-te, Ignotus; nu ţi-am dezvăluit încă unul din principalele avantaje ale superheterodinei: circuitele de medie frecvenţă sînt acordate o dată pentru totdeauna pe o frecvenţă determinată. Se iau deci măsuri de a regla oscilatorul local pentru fiecare emisiune, astfel încît curentul ei suprapunîndu-se peste cel al antenei, să dea totdeauna o aceeaşi frecvenţă rezultantă.

IGNOTUS: Cred că un exemplu numeric n-ar fi de prisos.

CURIOSUS: Presupune că am avea o superheterodină ale cărei etaje de medie frecvenţă sînt acordate pe 125 000 perioade pe secundă. Pentru a recepţiona o emisiune de 600 000 perioade pe secundă (lungimea de undă 500 metri) este de ajuns de a acorda heterodina pe 725 000 perioade pe secundă. Într-adevăr, frec-

venţa rezultantă va fi egală cu diferenţa frecvenţelor componente:

725 000 — 600 000 = 125 000 per/s.

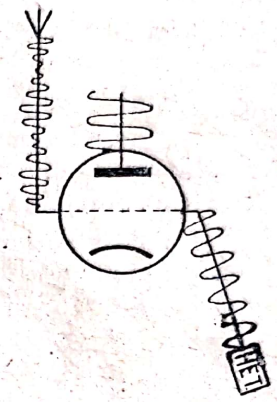
Pentru a recepţiona o altă emisiune făcută pe 850 000 perioade pe secundă, vom acorda heterodina pe 975 000 perioade pe secundă şi obţinem din nou:

975 000 — 850 000 = 125 000 per/s.

IGNOTUS: Acum cred c-am înţeles. Pe scurt, circuitele de acord de medie frecvenţă n-au nevoie să fie acordate de fiecare dată cînd trecem de la o emisiune la alta. Cred că nu este necesar să folosim condensatoare variabile, pentru că acordul lor nu variază. Deci, într-o superheterodină nu sînt decît două circuite de acordat: circuitul de intrare (pe emisie) şi circuitul oscilatorului local (pe o frecvenţă care este mai mare sau mai mică decît valoarea frecvenţei intermediare locale). Astfel, reglajul devine foarte simplu.

CURIOSUS: Atît de simplu cum nici nu gîndeşti. Cele două condensatoare sînt comandate în general de acelaşi buton. Se aranjează astfel ca cele două frecvenţe de acord să aibă o diferenţă constantă în toate poziţiile.

este de ajuns să ţi le descriu pe cele principale şi, mai ales, cele mai uzuale. Sistemul cel mai vechi este acela care, într-un anumit fel, schematizează chiar principiul superheterodinei (fig. 91). O oscilatoare separată T_2 cuprinde în circuitul său oscilant L_2C_2 o mică



înfăşurare „de legătură" L_3, care este cuplată prin inducţie cu bobina L_1 a circuitului de intrare. Datorită acestui cuplaj, oscilatorul „injectează" oscilaţiile sale în circuitul L_1C_1. Astfel, la grila tubului T_1 se găsesc aplicate simultan două tensiuni alternative: cea provenită de la antenă şi cea de la oscilatoare. Tubul T_1 funcţionează ca detectoare prin curbura caracteristicii de placă datorită polarizaţiei conve-

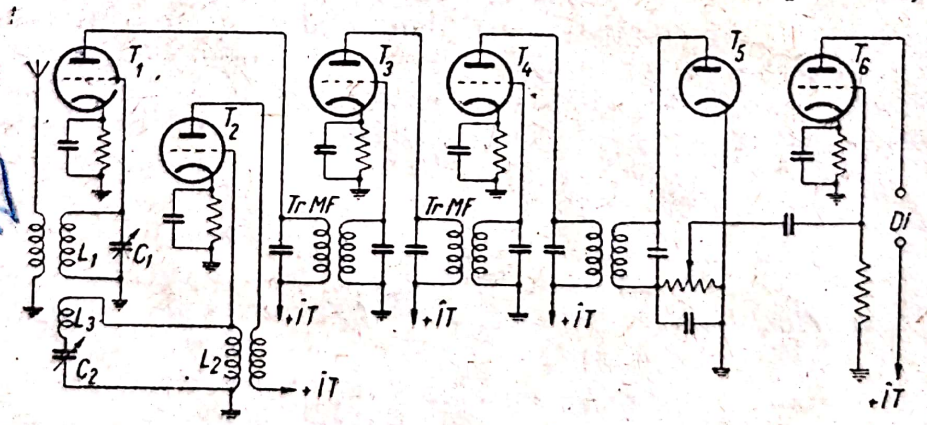


Fig. 91 Schema superheterodinei cu un tub oscilator T_2 separat.

IGNOTUS: Dar cum realizăm practic suprapunerea celor două oscilaţii?

CURIOSUS: Există o mie şi unul de sisteme de a schimba frecvenţa. Principiul lor este aproximativ acelaşi şi nabile asigurată de rezistenţa din catod. Astfel, curentul de placă va reprezenta oscilaţia rezultată din suprapunerea celor două oscilaţii aplicate pe grilă: acesta va fi curentul de medie

frecvenţă. După cum am desenat receptorul, el cuprinde apoi două etaje de amplificare a mediei frecvenţe (T_3 şi T_4) cu cuplaj prin transformator, cu primarul şi secundarul acordaţi. Urmează apoi detectoarea diodă (T_5) şi amplificatoarea de joasă frecvenţă (T_6).

IGNOTUS: Am observat că circuitele de cuplaj de medie frecvenţă se compun din şase circuite oscilante. Cred că ele trebuie să asigure receptorului o foarte bună selectivitate.

CURIOSUS: Desigur. Şi acesta este încă un avantaj practic al superheterodinei. În receptoarele cu amplificare directă în înaltă frecvenţă nu se poate multiplica cu uşurinţă numărul de circuite acordate, din cauza greutăţii de a regla simultan atîtea condensatoare variabile. Din contra, în superheterodină, nimic nu împiedică mărirea numărului de circuite oscilante, pentru că acordul lor, cel puţin în medie frecvenţă, este invariabil.

IGNOTUS: Mă simt cucerit de avantajele schimbării de frecvenţă. Voi putea monta un receptor după schema ta?

Grilele se multiplică

CURIOSUS: Nici nu te gîndi la aşa ceva. Această schemă este plină de defecte. De mult nu se mai aplică două oscilaţii la acelaşi electrod al tubului şi se evită un cuplaj atît de strîns între circuitele oscilante de intrare şi cel al oscilatorului.

IGNOTUS: Apare vreun inconvenient dacă acest cuplaj ar fi strîns?

CURIOSUS: Da, şi încă unul grav. Acordul lor nefiind prea diferit, oscilatorul poate intra în oscilaţie nu pe frecvenţa circuitului său L_2C_2, ci pe aceea a circuitului de intrare L_1C_1; şi nu vom avea atunci nici o schimbare de frecvenţă. Numim aceasta „blocaj" al oscilaţiilor.

IGNOTUS: Tare mai e încurcat! Nu văd cum pot fi suprapuse oscilaţiile, suprimînd totodată cuplajul între cele două circuite.

CURIOSUS: Acest lucru poate fi realizat de tuburile cu mai multe grile, chiar şi de tubul cu două grile sau *bigrilă*. Oscilaţia oscilatorului se aplică (fig. 92) la prima grilă şi oscilaţia emisiunii captate la cea de a doua

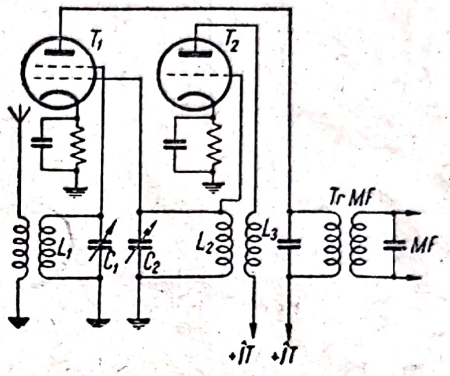
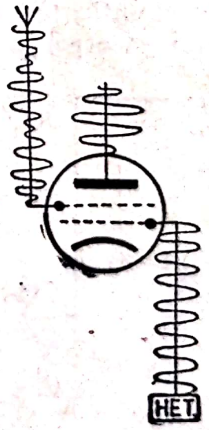


Fig. 92. Schimbarea frecvenţei prin modulatoare bigrilă T_1 şi oscilatoare triodă $_2.T$

grilă. Astfel, simultan, cele două oscilaţii acţionează asupra curentului de placă, care va fi rezultanta lor. Vezi că în acest montaj nu există nici un cuplaj magnetic între circuitele L_1C_1 şi L_2C_2.

IGNOTUS: Într-adevăr. Cele două os-



cilaţii modifică curentul de placă, independent una de alta.

CURIOSUS: De altfel, acest montaj se poate realiza cu ajutorul unui singur tub bigrilă, care va funcţiona simultan

ca schimbător de frecvență și ca oscilator (fig. 93). Observi că în acest caz curentul de placă servește la producerea reacției necesare pentru nașterea oscilațiilor în oscilator.

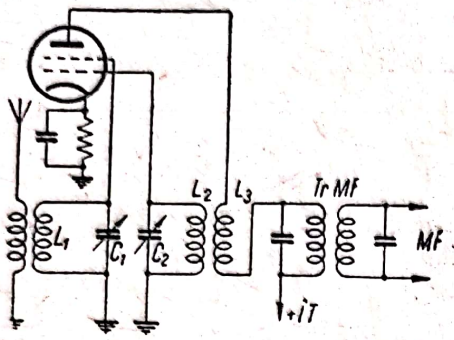


Fig. 93. Schema clasică a schimbătorului de frecvență prin bigrilă oscilatoare-modulatoare.

IGNOTUS: Acest montaj nu-mi prea place. Nu este firesc ca același curent de placă să reprezinte media frecvență și în același timp să servească drept reacție pentru oscilatorul de înaltă frecvență.

CURIOSUS: Aceasta nu reprezintă în sine nimic extraordinar, pentru că există acolo componente ale fiecărei frecvențe care urmează să se suprapună. Dar, pentru că ții să aperi independența curenților de placă, de înaltă și de medie frecvență, pot să-ți propun tubul cu cinci electrozi din fig. 94.

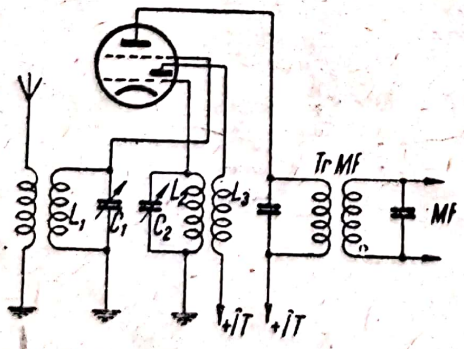


Fig. 94. Schimbarea frecvenței cu un tub bigrilă-biplacă, care nu există decît în spiritul inventiv al lui Curiosus.

Prima grilă și primul anod (care este micuț și nu împiedică trecerea celei mai mari părți din electroni) sînt destinați oscilatorului. Oscilațiile antenei sînt aplicate la cea de a doua grilă și în circuitul de placă final găsim curentul de medie frecvență, tubul detectînd „pe grilă".

IGNOTUS: Acesta îmi place mai mult.

CURIOSUS: Totuși, acest montaj nu există așa cum ți l-am descris, căci, datorită capacităților dintre electrozii tubului, între cele două circuite L_1C_1 și L_2C_2 există un cuplaj uneori suficient de mare (mai ales în unde scurte) pentru a provoca blocaje.

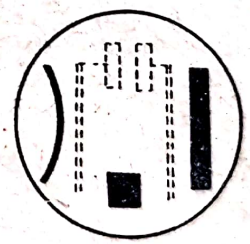
IGNOTUS: Din nou aceste capacități parazite! Cum să le înlăturăm?

În regatul grilelor

CURIOSUS: În același fel ca și în cazul amplificării în înaltă frecvență, pe care noi am examinat-o odinioară. Trebuie să facem un blindaj de electrozi, adică să interpunem grile-ecran.

IGNOTUS: Prin urmare, este nevoie de o grilă-ecran între mica placă și a doua grilă?

CURIOSUS: Bineînțeles că o astfel de grilă ecran ar fi de ajuns pentru



a suprima cuplajul prin capacitate; dar ea va atrage cea mai mare parte din electroni, așa că foarte puțini la număr vor mai atinge anodul final. Adevărata soluție (fig. 95) este folosirea a două grile ecran, a doua fiind așezată mai aproape de anodul final. Această ultimă grilă are ca scop să ajute electronii, datorită potențialului ei pozitiv, de a-și continua lungul lor parcurs spre anod. De altfel, cele două

grile-ecran sînt la acelaşi potenţial şi din această cauză sînt legate chiar în interiorul tubului. Pentru a evita emisia secundară — această plagă a tuburilor cu grilă-ecran — se mai poate

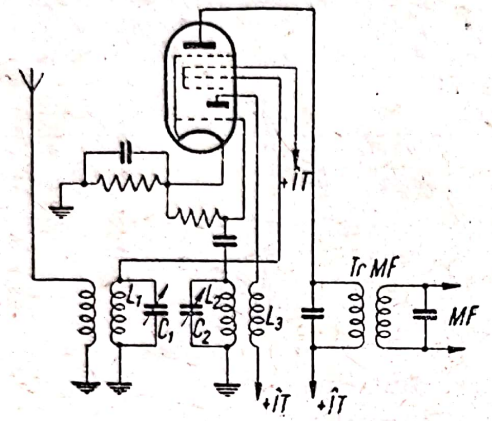


Fig. 95. Montajul octodei schimbătoare de frecvenţă (tubul heptodă nu are ultima grilă).

folosi o grilă supresoare, aşezată foarte aproape de anodul final şi legată la catod. Obţinem astfel un tub cu opt electrozi sau *octodă*. Dacă tubul n-are grilă supresoare, atunci el n-are decît şapte electrozi şi se numeşte heptodă.

IGNOTUS: M-ai năucit de tot cu această abundenţă de electrozi... pentru a-mi reveni, voi încerca să rezum rolul diferiţilor electrozi ai octodei:

1) catodul, care serveşte, evident, la emisia de electroni;

2) prima grilă, care este cea a oscilatorului local; este deci grila oscilatoare;

3) micul anod al oscilatorului, sau anodul oscilator;

4) prima grilă ecran, destinată să elimine efectul capacităţii dintre grila oscilatoare şi grila la care sînt aplicate oscilaţiile antenei;

5) desigur grila la care aplicăm oscilaţiile antenei;

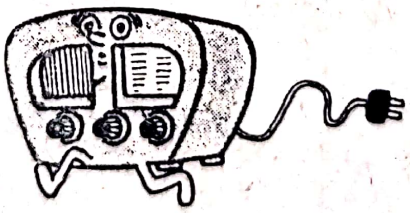
6) a doua grilă ecran destinată să accelereze mersul electronilor;

7) grila supresoare a emisiei secundare, care împiedică electronii să revină de la placă la a doua grilă ecran;

8) în sfîrşit, anodul, care furnizează curentul rezultant de medie frecvenţă.

CURIOSUS: Perfect, Ignotus. Văd că ţi-ai venit în fire uşor.

IGNOTUS: Da, dar totuşi nu înţeleg cum ajung electronii să-şi vină în fire acolo şi nu se rătăcesc...



CONVORBIREA a 17-a

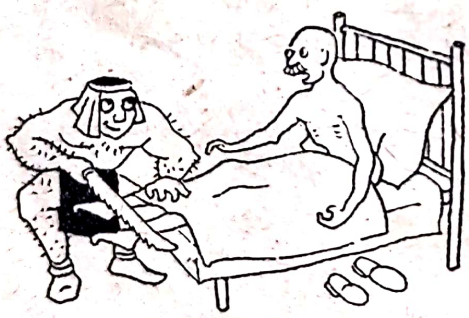
Ignotus a reflectat îndelung asupra superheterodinei și i-a găsit un defect care-i anulează valoarea. Din fericire, Curiosus are obișnuința de a sufla peste obstacole... și astfel prietenul nostru ajunge să facă schema unui receptor perfect realizabil. Pentru a termina această convorbire, Curiosus expune prietenului său felul cum pot fi concepute și cum funcționează diferitele modele de difuzoare. Dar convorbirile încă nu s-au terminat.

O poveste cu tîlhari

IGNOTUS: Mi-a fost foarte greu să-mi ordonez în minte tot ce m-ai învățat despre superheterodină. Din fericire, erudiția mea în domeniul istoriei antice m-a ajutat să înțeleg totul.

CURIOSUS: Pe octoda mea, dacă văd ce legătură este...

IGNOTUS: Nu te enerva! Superheterodina îmi amintește de acel simpatic gangster al antichității care se numea Procust (sau Procrust... dicționarele nu sînt încă de acord cu privire la aceasta). Exagerînd sentimentul de ospitalitate,



el își întindea invitații pe patul său de fier și le tăia picioarele atunci cînd ele depășeau marginea patului, sau dacă erau prea scunzi, le întindea pînă cînd atingeau marginea.

CURIOSUS: Da, cunosc povestea acestui tîlhar din Atica, dar...

IGNOTUS: Oare nu același principiu stă la baza superheterodinei? Oricare ar fi frecvența emisiunii pe care o recepționăm, se aranjează pentru a o schimba astfel ca-să obțină aceeași frecvență constantă: aceea pe care sînt acordate circuitele de cuplaj ale amplificatorului de medie frecvență.

CURIOSUS: Ai dreptate, Ignotus. Superheterodina este un adevărat pat al lui Procust pentru frecvențele diferitelor emițătoare.

IGNOTUS: Dar, dacă am înțeles bine principiul, a rămas totuși un lucru care mă neliniștește mult.

CURIOSUS: Ce anume, dragă prietene?

IGNOTUS: Presupune că frecvența medie ar fi de 100 000 per/s și că noi am dori să ascultăm o emisiune făcută pe 1 000 000 per/s.

Ajunge să acordăm oscilatorul pe 900 000 per/s, căci diferența dintre cele două frecvențe componente va fi egală chiar cu 100 000 per/s. Dar presupune că o altă emisiune, făcută pe 800 000 per/s, ajunge și ea pînă la tubul schimbător de frecvență. Această frecvență, suprapunîndu-se peste cele 900 000 per/s ale oscilatorului local, va da loc și ea unui curent rezultant de 100 000 per/s. Deci și ea va fi amplificată ca medie frecvență și va deveni de asemenea auzibilă!

CURIOSUS: Raționamentul tău este bun. Într-adevăr, pentru fiecare acord al oscilatorului local există două emisiuni care pot da loc la aceeași medie frecvență: una din aceste emisiuni este de frecvență superioară și cealaltă inferioară celei a oscilatorului local. Le numim „frecvențe imagini".

IGNOTUS: Dar cred că nu este de loc plăcut să asculţi două emisiuni deodată!

CURIOSUS: Sînt cu totul de părerea ta. De aceea se aranjează astfel, încît din cele două frecvenţe să nu ajungă pînă la tubul schimbător de frecvenţă decît aceea pe care o dorim. În acest scop se foloseşte la intrarea receptorului un circuit de acord de ajuns de selectiv, numit „preselector". O altă variantă constă în a elimina frecvenţa supărătoare printr-o amplificare prealabilă (se spune *preamplificare*) a curentului de antenă cu ajutorul unor circuite de cuplaj selective.

IGNOTUS: Prefer ultima metodă. Mi se pare că este bine ca înainte de a-l face să sufere proba schimbării de frecvenţă, să întărim puţin curentul de înaltă frecvenţă care ajunge la antenă slăbit de un lung voiaj... Nu crezi că, din moment ce cunoaştem superheterodina, este timpul să ne gîndim la aparatul de recepţie al naşei tale care-l aşteaptă de atîta timp? Ai putea să-i desenezi schema?

Postul de recepţie al naşei

CURIOSUS: Iată-l gata (fig. 96). Vezi că, în mare, el se compune dintr-un etaj de preamplificare la frecvenţă înaltă, dintr-o octodă schimbătoare de frecvenţă, dintr-o pentodă amplificatoare da medie frecvenţă, dintr-o diodă-triodă combinată care asigură detecţia şi preamplificarea frecvenţei joase şi în sfîrşit dintr-o pentodă pentru puternica amplificare finală. Cunoşti de acum separat toate elementele acestei scheme, inclusiv alimentarea în curent alternativ de la reţea.

IGNOTUS: Într-adevăr, nu există pentru mine nimic misterios în acest montaj. Singurul lucru care-mi face puţin anevoioasă citirea schemei este folosirea simbolului de „masă".

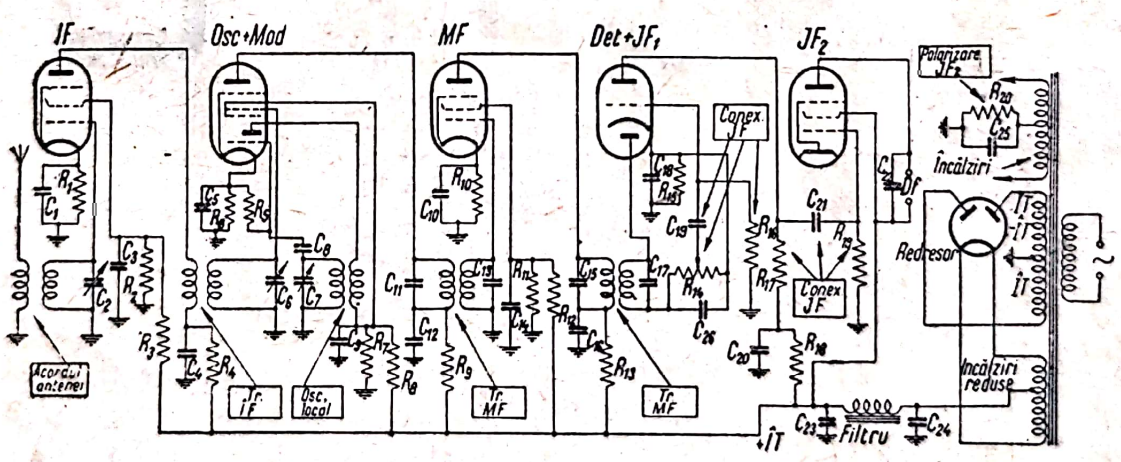


Fig. 96. Schema unei superheterodine cu preamplificare în înaltă frecvenţă şi schimbarea frecvenţei cu octodă:

R_1, R_8, R_{10}, R_{15}, R_{20} — rezistenţe de polarizare;
R_2 şi R_3, R_7 şi R_8, R_{11} şi R_{12} — rezistenţe de fixare a tensiunilor grilelor-ecran;
R_4, R_9, R_{13}, R_{18} — rezistenţe de decuplaj ale circuitelor de placă;
R_5, R_{10}, R_{16} — rezistenţe de grilă;
R_{14} — rezistenţă de detecţie; fiind constituită dintr-un potenţiometru, ea serveşte la reglarea intensităţii sonore;
R_{17} — rezistenţă de placă pentru cuplaj;
C_2, C_6, C_7 — condensatoare variabile de acord ale circuitului de intrare, ale transformatorului de IF şi ale oscilatorului local;
C_1, C_3, C_4, C_5, C_9, C_{10}, C_{12}, C_{14}, C_{16}, C_{18}, C_{20}, C_{25} — condensatoare de decuplaj;
C_{11}, C_{13}, C_{15}, C_{17} — condensatoare de acord ale transformatoarelor de frecvenţă intermediară;
C_8, C_{19}, C_{21} — condensatoare de cuplaj;
C_{23}, C_{24} — condensatoare de filtrare;
C_{22} — condensator pentru atenuarea tonurilor înalte;
C_{26} — condensator de detecţie.

CURIOSUS: După cum ţi-am mai spus, este de ajuns să ţinem minte că tot ce este legat la „masă" duce totdeauna la acelaşi punct: polul negativ al tensiunii înalte, care în cazul de faţă este punctul de mijloc al înfăşurării de ÎT a transformatorului de alimentare.

IGNOTUS: Există totuşi pentru mine încă un element al ansamblului care nu mi-e de loc familiar: difuzorul.

CURIOSUS: Într-adevăr, am omis să discutăm despre el pînă acum.

IGNOTUS: Presupun, de altfel, că este făcut în acelaşi fel ca şi un receptor telefonic, dar cu magneţi mai puternici şi o membrană mai mare.

Difuzorul de-a lungul timpului

CURIOSUS: Aşa erau făcute primele difuzoare. În afară de aceasta, pentru a asigura o bună difuziune a sunetului, ele erau prevăzute cu o pîlnie în formă de gît de lebădă, luat după tehnica vechilor fonografe. Acesta făcea un zgomot de fiare vechi, dar primii auditori se declarau de-a dreptul încîntaţi...

În acest difuzor, mica membrană de fier îndeplinea două funcţii deodată: pe de o parte transforma curentul variabil de joasă frecvenţă în oscilaţii mecanice, iar pe de altă parte, transmiţîndu-le pe acestea straturilor de aer înconjurător, creau unde sonore.

IGNOTUS: Este prea mult pentru o biată bucăţică de fier.

CURIOSUS: Acelaşi lucru au fost nevoiţi să-l constate şi tehnicienii. S-a procedat atunci la o separare a funcţiilor. Membrana bună la toate a fost înlocuită pe de o parte cu o paletă de fier elastică care vibra sub influenţa cîmpului variabil al electromagnetului, iar pe de altă parte, o membrană conică largă de hîrtie sau de alt material tot atît de uşor, primea, prin intermediul unei tije care le reunea, vibraţiile paletei şi le transmitea unei mase destul de mari de aer.

IGNOTUS: Un astfel de difuzor mi se pare cît se poate de bun. Dar de ce vorbeşti despre el la trecut?

CURIOSUS: Fiindcă nu-l mai folosim din cauza unui grav defect pe care-l are. Este vorba de prea slaba amplitudine a oscilaţiilor paletei vibrante. Îndată ce ar vibra prea tare ar lovi electromagnetul.

IGNOTUS: Nu se poate aşeza mai departe de acesta?

CURIOSUS: Mărind distanţa se reduce influenţa cîmpului magnetic şi prin aceasta se reduce amplitudinea vibraţiilor. Sugestia ta ne face să cădem din Scylla în Caribda.

IGNOTUS: S-a ajuns să se inventeze un alt sistem, lipsit de acest defect?

Fig. 97. Secţiune printr-un difuzor electromagnetic cu pîlnie.

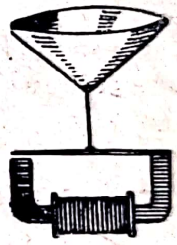


Fig. 98. Difuzor electromagnetic cu paletă vibrantă şi cu difuziunea sunetului prin membrană conică.

Difuzorul modern

CURIOSUS: Desigur, difuzorul electrodinamic a înlocuit cu succes difuzorul electromagnetic, bazat pe vechiul principiu al telefonului. În difuzorul electrodinamic există un electromagnet format dintr-o bobină fără miez *B*, care este introdusă într-un cîmp magnetic constant şi foarte puternic, creat de un magnet *A* (fig. 99). Bobina *B* este parcursă de curentul de joasă frecvenţă. Ea devine deci, la rîndul ei, un mic magnet ai cărei poli îşi schimbă alternativ sensul. Astfel ca este cînd atrasă de magnetul *A*

care tinde s-o absoarbă, cînd respinsă. Această bobină este fixată pe centrul unei membrane conice M, căreia îi

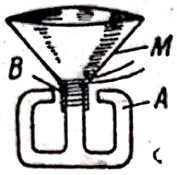


Fig. 99. Secțiune printr-un difuzor electrodinamic: A — magnet; B — bobină mobilă; M — membrană.

transmite vibrațiile sale. Vezi că aici nimic nu vine să limiteze amplitudinea oscilațiilor, în afară de elasticitatea membranei.

IGNOTUS: Este într-adevăr ingenios. Dar pe desenul tău văd că bobina mobilă B are foarte puțin loc pentru a se plasa.

CURIOSUS: Într-adevăr, pentru a concentra cîmpul magnetic constant, se lasă foarte puțin loc între polii magnetului. Din acest motiv, precum și pentru a fi foarte ușoară, bobina mobilă nu are decît puține spire înfășurate într-unul sau cel mult două straturi. Firul este de altfel foarte subțire. Totuși, nu există riscul de a fi „prăjită" de curentul de placă al tubului de ieșire: acesta nu o parcurge direct; numai componenta variabilă acționează prin intermediul unui transformator coborîtor de tensiune a cărui prezență este, în afară de aceasta, impusă și din alte motive.

IGNOTUS: Cît despre magnetul permanent, îmi închipui că trebuie să fie foarte puternic.

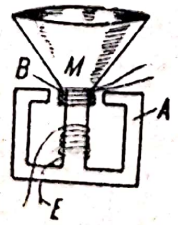


Fig. 100. Difuzor cu excitație (curent magnetizant).

CURIOSUS: Nu te-nșeli. De altfel, dat fiind prețul ridicat al oțelurilor magnetice bune, se folosesc adesea electromagneți așezînd o înfășurare de magnetizare (sau, cum se spune, *de excitație*) chiar în interiorul „oalei" formată de magnet.

IGNOTUS: Și de unde se ia curentul de magnetizare?

CURIOSUS: Pentru difuzoarele mari se folosește în acest scop un redresor special cu filtru. Dar pentru difuzoarele normale ale radioreceptoarelor se folosește drept curent de excitație, curentul total de placă, făcînd ca înfășurarea de excitație să joace rolul bobinei filtrului (fig. 101).

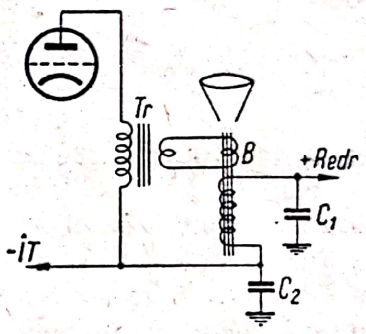


Fig. 101. Bobinajul de excitație servind ca impedanță de filtru.

IGNOTUS: Într-adevăr este practic. Se capătă astfel gratuit curentul de excitație!

CURIOSUS: Nu chiar. Căci în înfășurarea de excitație se produce o cădere de tensiune atît de mare, încît trebuie ținut seama de aceasta, prevăzînd o tensiune redresată mai mare.

IGNOTUS: Mi se pare că acum, cînd cunosc difuzorul, care este veriga finală din lungul lanț al transmisiei radio, nu mai am nimic de învățat în radio.

CURIOSUS: Într-adevăr, am fi putut opri aici convorbirile noastre, căci cunoști în linii mari toate principiile fundamentale ale radioului. Dar un receptor modern este echipat cu un anumit număr de dispozitive care au ca scop de a ușura reglajul, sau de a îmbunătăți reproducerea muzicală. Vom studia deci cele mai folosite din aceste dispozitive, pentru a îmbogăți astfel cunoștințele tale tehnice.

CONVORBIREA a 18-a

Problema reglajului și a stabilității puterii sonore constituie unul din capitolele cele mai pasionante ale radioului. A face puterea sonoră reglabilă este ușor. Dar a o menține la un nivel constant este mai puțin ușor: „fedingul" tinde să schimbe mereu intensitatea audiției... Curiosus va expune mecanismul acestui fenomen nefast și va arăta cum regulatorul antifeding îi neutralizează efectele în receptoarele actuale.

Reflectări asupra reflectării undelor

IGNOTUS: Citirea anunțurilor constructorilor de radio exercită asupra mea cele mai triste efecte. Descopăr acolo termeni absolut barbari, cum este, de exemplu, *antifeding*. Presupun că este un împrumut făcut din limba engleză, în felul lui miting și camping.

CURIOSUS: Desigur, aceasta se traduce prin „reglarea automată a intensității sonore". Această reglare permite să se mențină constantă puterea audiției, fără a ține seama de efectele fedingului.

IGNOTUS: Văd că revii la cuvîntul englezesc. Acesta este deci faimosul feding, căruia i se opune antifedingul?

CURIOSUS: *Feding* înseamnă „dispariție". Este un fenomen care a fost constatat de mult timp, observînd că anumite emisiuni îndepărtate sînt reproduse în timpul recepției cu o intensitate care variază fără un motiv aparent. Aceste variații de intensitate, care pot fi lente sau rapide și care uneori fac emisiunea inauzibilă, au dat destulă bătaie de cap savanților.

IGNOTUS: Eu cred că au produs inconveniente auditorilor, căci nuanțele pe care fedingul le imprimă muzicii nu corespund probabil intențiilor compozitorului, căruia îi deformează operele. Dar îmi închipui că s-au descoperit cauzele fedingului și în același timp mijlocul de a-l combate.

CURIOSUS: Ar fi așa dacă aceste cauze s-ar găsi în emițător sau în receptor. Dar fenomenul se petrece între ele! Undele emise cu o intensitate constantă ajung la antena de recepție cu fluctuații însemnate.

IGNOTUS: Fedingul ar fi deci o anomalie a propagării undelor hertiene?

CURIOSUS: Perfect. După teoriile actuale, undele se propagă urmînd mai multe drumuri diferite. Există, pe de o parte, unda „terestră", care urmează suprafața globului; ea slăbește relativ repede, risipind energia ei în toate conductoarele pe care le întîlnește pe traiectorie și în care face să ia naștere curenți de înaltă frecvență. Dar există, pe de altă parte, unde care pleacă din antena de emisie, ridicîndu-se sub un unghi mai mic sau mai mare...

IGNOTUS: Acestea sînt pierdute pentru noi; ele zboară, fără îndoială, în spațiile interplanetare?

CURIOSUS: Greșeală! La o anumită înălțime (în jurul a 120 km), ele se lovesc de un strat de gaz, care constituie pentru unde o adevărată oglindă și de care ele se reflectă pentru a fi retrimise pe sol. Acest strat este numit *ionosferă* sau — după numele celor care au emis primii ipoteza existenței sale

— „stratul lui Kenelly-Heaveside" (fig. 102).

IGNOTUS: Astfel, după tine o antenă de recepţie ar fi influenţată de două

Fig. 102. Unda de la emiţătorul *E* ajunge la antena de recepţie *R* pe două căi diferite: urmînd suprafaţa globului şi după reflectarea de către straturile înalte ale atmosferei.

unde deodată, provenind amîndouă de la acelaşi emiţător: o undă terestră şi o undă reflectată de ionosferă?

CURIOSUS: Perfect. Observă că lungimile traiectoriilor parcurse de aceste două unde sînt de asemenea inegale: în timp ce una, urmînd suprafaţa globului, a luat drumul cel mai drept, cealaltă a plecat să se plimbe în straturile superioare ale atmosferei, înainte de a ajunge la destinaţie. În momentul cînd aceste două unde se întîlnesc în antenă ele se pot găsi în cadenţă (sau în „fază") şi în acest caz se vor întări reciproc. Dar ele pot ajunge acolo în contratimp (sau „în opoziţie de fază"); atunci impulsurile lor, opuse unul altuia, se vor slăbi sau chiar se vor anula reciproc.

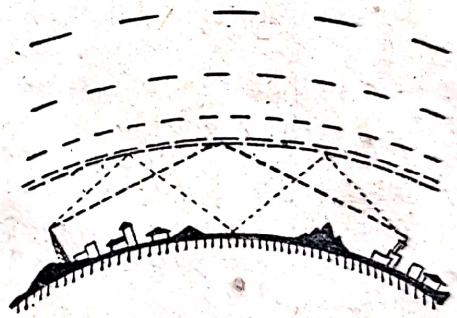
IGNOTUS: Aceasta nu explică totuşi fedingul care face mereu să varieze intensitatea recepţiei. Venind de la acelaşi emiţător la aceeaşi antenă de recepţie, cele două unde vor da loc la o recepţie mai slabă sau mai tare, dar a cărei intensitate nu va avea nici un motiv să varieze în timp.

CURIOSUS: Ar fi aşa dacă ionosfera ar fi o oglindă rigidă şi imobilă. De fapt ea poate fi asimilată cu o mare, cu valurile, furtunile şi mareele sale. Suprafaţa ionosferei este în permanentă mişcare şi chiar înălţimea ei suferă importante variaţii zilnice şi sezoniere. Astfel, traiectoria undei reflectate este variabilă: cînd întăreşte unda terestră, cînd din contra o slăbeşte.

Aceasta este ceea ce provoacă fluctuaţia constantă în intensitatea audiţiei.

IGNOTUS: Dar, tu mi-ai spus că unda terestră slăbeşte relativ repede pe măsură ce se depărtează de emiţător. Prin urmare, cred că începînd de la o anumită distanţă de acesta nu va mai interveni decît unda reflectată. Deci, nu va mai fi feding?

CURIOSUS: Vai, pot exista mai multe unde reflectate, care au urmat traiectorii diferite şi care au suferit mai



multe reflectări ale ionosferei şi ale solului, acesta din urmă acţionînd şi el ca o oglindă asupra undelor.

IGNOTUS: Pe scurt, nu există mijlocul de a suprima fedingul?

Lupta contra fedingului

CURIOSUS: Atîta timp cît se permite mai multor unde să ajungă la receptor, fedingul persistă. Nu poate fi atenuat decît cu ajutorul antenelor de emisie speciale, care radiază undele sub un singur unghi deasupra orizontului, sau, la recepţie, prin colectoare de unde care selecţionează din toate undele ce le parvin-una singură care vine sub un unghi determinat.

IGNOTUS: Dacă acesta este antifedingul, trebuie să fie al naibii de complicat!

CURIOSUS: Nu, dragul meu Ignotus. Încercînd totuşi de a reduce fedingul printr-o construcţie specială a antenei de emisie, se admite că antena de recepţie primeşte unde puternic afectate de fluctuaţii de intensitate. Se depun atunci eforturi de a menţine constantă intensitatea audiţiei, modificînd în consecinţă amplificarea receptorului.

IGNOTUS: Se compensează deci, dacă înţeleg bine, variaţia undelor prin variaţia inversă a amplificării. Astfel, amplificarea se măreşte atunci cînd undele ajung mai slabe şi, din contra, se micşorează cînd undele devin mai puternice.

CURIOSUS: Chiar aşa se şi procedează. Cînd, ca urmare a fedingului, un semnal (adică unda unei emisiuni) ajunge la noi foarte slab, noi mărim sensibilitatea receptorului mărind amplificarea etajelor de ÎF (şi dacă este o superheterodină, şi a etajelor de MF).

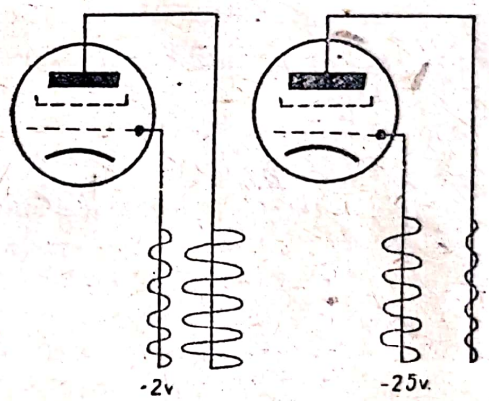
IGNOTUS: Cu toate acestea eu nu văd prin ce mijloc se poate modifica amplificarea unui tub.

Misteriosul „punct X"

CURIOSUS: Ştii că cu cît panta unui tub este mai mare, cu atît el amplifică mai mult. Or, pentru acelaşi tub panta variază după punctul curbei caracteristice pe care funcţionează tubul. Acest „punct de funcţionare" este determinat de polarizarea grilei şi...

IGNOTUS: Stai, Curiosus. Eu ştiu cît se poate de bine că caracteristica unui tub n-are aceeaşi pantă în diverse puncte. Panta este maximă în porţiunea dreaptă a curbei; dacă polarizăm mai mult grila, intrăm în zona cotului inferior, unde panta se micşorează repede. Dar aceasta este, mi-ai repetat-o adesea, o zonă interzisă: amplificarea nu este corectă decît în porţiunea dreaptă.

CURIOSUS: Absolut exact cînd este vorba de tuburi normale şi de amplitudini relativ importante ale tensiunii



ce se amplifică, ca acelea pe care le întîlnim în etajele de joasă frecvenţă. Dar, în înaltă şi medie frecvenţă, amplitudinile sînt încă foarte mici. Acolo este de ajuns ca tubul să aibă o caracteristică aproximativ dreaptă în jurul punctului de funcţionare. Se fac deci

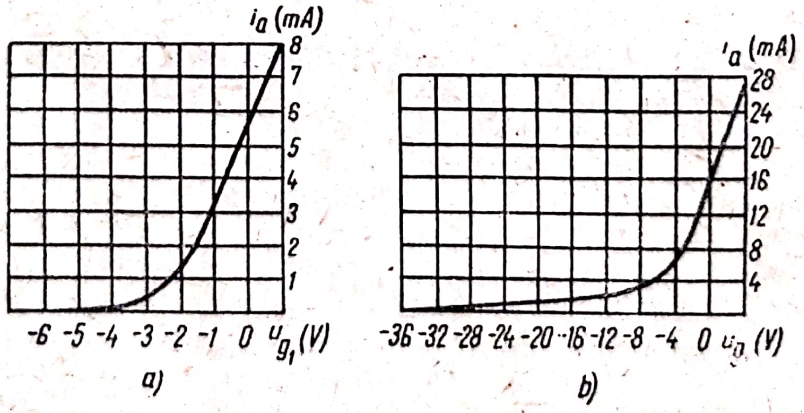


Fig. 103. Curbele unui tub:
a — cu „pantă fixă"; *b* — cu „pantă variabilă".

tuburi speciale, a căror pantă variază treptat, astfel ca să nu prezinte coturi pronunţate în caracteristica lor. Aceste tuburi sînt numite *cu pantă variabilă*. Aceasta nu înseamnă, desigur, că panta celorlalte ar fi constantă, dar că în aceste tuburi speciale avem dreptul de a folosi puncte de funcţionare de diferite pante.

IGNOTUS: Dacă aş fi cunoscut existenţa tuburilor cu pantă variabilă n-aş fi formulat nici o obiecţiune. Aşa cum ai prezentat-o, caracteristica tubului cu pantă variabilă arată că, dacă se polarizează de ajuns grila, nu numai că ea nu va mai amplifica, dar chiar va slăbi mult oscilaţiile aplicate grilei.

CURIOSUS: Chiar aşa şi trebuie. În acest fel vom reuşi să readucem la un nivel sonor normal intensitatea semnalelor foarte puternice.. . Practic, pentru a regla amplificarea tuburilor cu pantă variabilă, se foloseşte un dispozitiv care permite, cu ajutorul unui potenţiometru *P* (fig. 104), de a varia polarizarea.

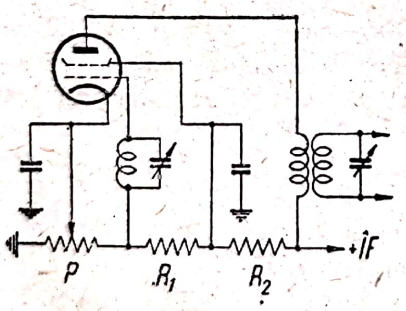


Fig. 104. Reglajul amplificării cu ajutorul potenţiometrului *P* care face să varieze polarizarea tubului.

IGNOTUS: Dar este înspăimîntător! Ar trebui atunci ca auditorul, fără a lua mîna de pe butonul potenţiometrului, să-l învîrtească mereu pentru a compensa variaţiile datorite fedingului! Nu mi-ar face nici o plăcere ascultînd muzică în astfel de condiţii...

CURIOSUS: Există din fericire posibilitatea de-a face acest reglaj automat. Pentru aceasta, este de ajuns de a găsi în receptor un punct care devine mai negativ atunci cînd semnalele devin mai puternice, şi invers. Cunoşti un asemenea punct?

IGNOTUS: Nu-l văd.

CURIOSUS: Priveşte schema (fig. 105) detecţiei prin diodă, pe care o cunoşti de mult. Punctul despre care este vorba este extremitatea *X* a rezistenţei *R*. Curentul de ÎF redresat de diodă creează acolo, în raport cu masa, o tensiune negativă. Această tensiune

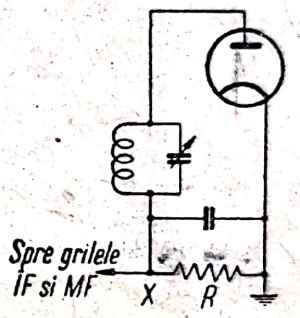


Fig. 105. După intensitatea medie a semnalelor, punctul *X* va deveni mai mult sau mai puţin negativ.

este cu atît mai mare, cu cît intensitatea *medie* a semnalelor aplicate diodei este mai mare.

IGNOTUS: Am înţeles! Aplici această tensiune a punctului *X* la grilele tuburilor ÎF sau MF cu pantă variabilă. Cînd semnalele devin puternice, punctul *X* devine mai negativ şi tensiunea sa aplicată la grilele tuburilor ÎF şi MF reduc amplificarea. Din contra, atunci cînd, afectate de feding, semnalele devin mai slabe, ele produc în punctul *X* o tensiune mai puţin negativă; această tensiune permite tuburilor ÎF şi MF să amplifice mai mult. La urma urmelor, acest dispozitiv va compensa toate fluctuaţiile de intensitate ale semnalelor şi va menţine constantă intensitatea sonoră, singurul lucru care ne interesează.

CURIOSUS: Văd că ai sezisat perfect funcţionarea dispozitivului antifeding.

Observi că el operează „nivelarea în jos“: numai semnalele cele mai slabe beneficiază de întreaga rezervă de sensibilitate a receptorului; pe măsură ce forța semnalelor crește, antifedingul reduce în același raport amplificarea.

Radioul pentru surzi

IGNOTUS: O obiecțiune, dacă-mi permiți. Presupune că în muzică există, de exemplu, un bubuit de tobă; oare în acest moment regulatorul nu va produce o reducere bruscă a amplificării? Deci, după părerea mea, antifedingul, așa cum mi l-ai descris, trebuie „să comprime“ într-un fel oarecare nuanțele muzicii.

CURIOSUS: Obiecțiunea ta este valabilă, Ignotus. De aceea, pentru a evita variațiile *instantanee* ale curentului detectat de diodă și pentru a nu face să acționeze asupra lămpilor ÎF și MF decît valoarea medie a semnalelor, se intercalează între punctul X și grilele tuburilor un sistem care întîrzie trecerea tensiunilor și le totalizează într-un fel oarecare pentru a face să treacă media lor. Acest sistem se compune dintr-o rezistență R_1 de valoare ridicată și dintr-un condensator C. Rezistența se opune la trecerea instantanee a tensiunilor; condensatorul C

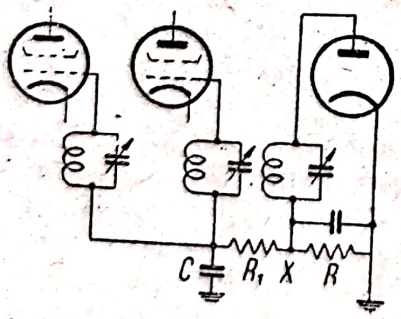


Fig. 106. Două tuburi de înaltă frecvență supuse la acțiunea antifeding comandată de X prin R_1.

nivelează tensiunile instantanee. Acțiunea ansamblului R_1C oferă o anumită analogie cu aceea a inductanței și condensatorului în filtrul de alimentare (fig. 106).

IGNOTUS: După cum văd, în toate receptoarele cu detecția prin diodă este de ajuns să se adauge o rezistență și un condensator pentru a obține un regulator antifeding. Este extrem de simplu!

CURIOSUS: Îți atrag atenția că adesea tensiunea de reglare pentru antifeding se obține folosind o diodă diferită de aceea care asigură detecția (fig. 107). Aceasta a doua diodă este

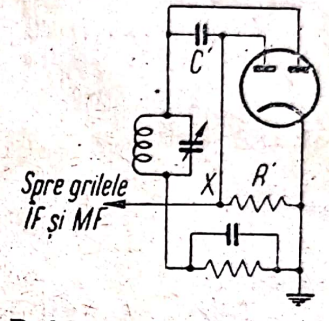


Fig. 107. Dubla diodă permite să se separe funcțiunile detecției de ale reglării antifeding.

cuprinsă în același balon ca și prima și folosește același catod. Tensiunile alternative sînt aplicate la al doilea anod printr-un mic condensator de cuplaj C'. Curentul detectat creează în rezistența R' o tensiune care luată în punctul X este aplicată la grilele tuburilor comandate de regulator, prin dispozitivul R_1C.

IGNOTUS: Îmi place mai mult această schemă în care, datorită dublei diode a ta, există o separație între funcțiunile detecției și cele ale reglării.

CURIOSUS: Ai putea, Ignotus, să-mi răspunzi la o întrebare de „încuietoare“. Știi cum variază curentul mediu de placă la un tub ÎF sau MF comandat prin antifeding, după intensitatea semnalelor?

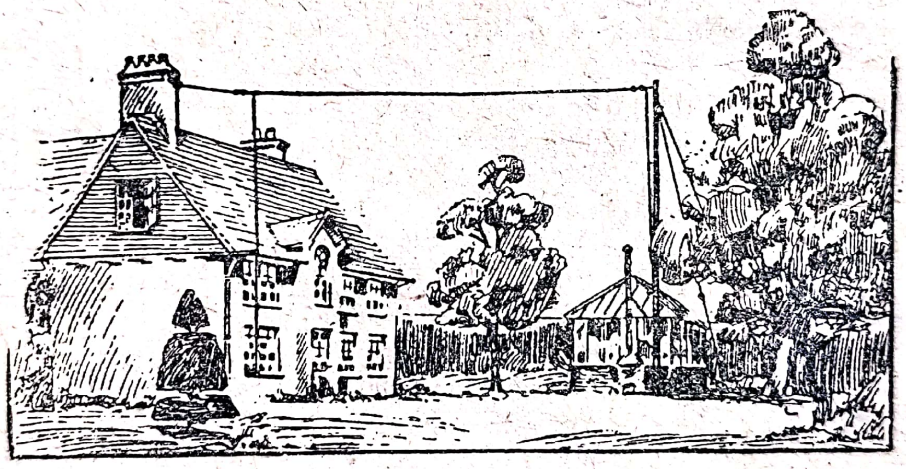
IGNOTUS: Să vedem. Cînd semnalele sînt mai puternice, grila tubului va primi de la punctul X o tensiune nega-

tivă. Deci, curentul de placă se va micşora.

CURIOSUS: Perfect. Observă acum că acelaşi fenomen se va produce atunci cînd reglînd condensatoarele de acord vei trece pe poziţia de acord exact. Căci, în acest moment, tensiunea aplicată la diodă este cea mai puternică. Prin urmare, intercalînd un miliampermetru în circuitul de placă al unui tub ÎF sau MF comandat prin antifeding, vom putea aprecia acordul exact prin minimul curentului de placă.

IGNOTUS: Pe scurt, cu un astfel de miliampermetru chiar un surd ar putea acorda receptorul cu precizie?

CURIOSUS: Bineînţeles, căci acest miliampermetru constituie un indicator vizual de acord. Dar la ce ar folosi aceasta unui surd?...



CONVORBIREA a 19-a

Toate eforturile tehnicienilor de radio tind spre ameliorarea fidelității redării. Or, multă vreme, selectivitatea și muzicalitatea păreau a fi calități incompatibile: un radioreceptor muzical nu era selectiv și invers... Dar filtrele de bandă au venit la timp pentru a împăca surorile dușmane. Curiosus povestește cu verva sa obișnuită cauzele conflictului lor. Mai mirat ca oricînd, Ignotus optează pentru selectivitatea variabilă.

Meci: selectivitate contra muzicalitate

IGNOTUS: Aseară am fost la un prieten care are un aparat de radio foarte sensibil. Am ascultat multe posturi. Din nenorocire la unele se aude și un fluierat. De unde provine?

CURIOSUS: Este un fluierat de interferență între două emisiuni ale căror frecvențe sînt foarte apropiate.

IGNOTUS: Este deci același fenomen ca și acela care în superheterodină permite schimbarea frecvenței? Cu alte cuvinte, între două emisiuni de frecvențe foarte apropiate se produc bătăi care dau loc la un curent a cărui frecvență este egală cu diferența dintre frecvențele celor două emisiuni?

CURIOSUS: Întocmai. Din această cauză, depărtarea reglementară de 9 000 per/s între două emisiuni vecine se pare că de-abia ajunge. Ea permite de a se acorda fiecărei stații o lărgime de numai 4 500 per/s pentru modulația muzicală.

IGNOTUS: Eu nu văd legătura între depărtarea dintre frecvențele emițătoarelor și modulația muzicală.

CURIOSUS: Este totuși de importanță capitală. Atît timp cît un emițător nu este modulat de un sunet, el nu emite decît o singură frecvență care este aceea a „undei sale purtătoare". Dar modulația cu un sunet oarecare creează de asemenea alte două frecvențe, dispuse simetric în raport cu frecvența undei purtătoare. Astfel, un emițător funcționînd pe 1 000 000 per/s și modulat de un sunet de 400 per/s va emite, în afară de unda purtătoare, două unde cu frecvențele de 1 000 400 per/s și 999 600 per/s (fig. 108). Vezi

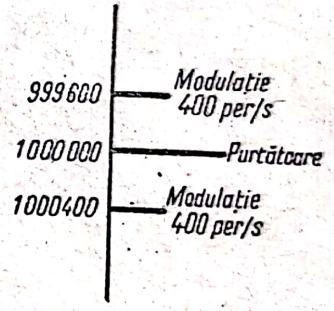


Fig. 108. Modularea cu 400 per/s a unei unde de 1 000 000 per/s.

că aceste unde rezultă din adunarea și scăderea frecvențelor undei purtătoare și a curentului muzical.

IGNOTUS: Pe scurt, modulînd înalta frecvență, curentul de joasă frecvență operează o adevărată schimbare de frecvență.

CURIOSUS: Perfect. Acum, dacă fiecare frecvență muzicală creează în jurul frecvenței undei purtătoare două frecvențe dispuse simetric, ansamblul de sunete al muzicii care poate merge cu frecvența pînă la 10 000 per/s (și chiar mai mult) creează în jurul undei purtătoare două benzi de frecvențe simetrice, numite *benzi laterale de modulație*.

IGNOTUS: Dacă am înțeles bine, frecvențele emise de o stație care transmite muzică se întind de fiecare parte a frecvenței undei purătoare pe 10 000 per/s. De exemplu, pentru un emițător

funcţionînd pe 1 000 000 per/s, benzile de modulaţie merg de la 990 000 la 1 010 000 per/s.

CURIOSUS: Este cît se poate de exact. Dar dacă fiecare emiţător ar ocupa în gama de frecvenţe disponibile un spaţiu de 20 000 per/s, n-ar mai fi loc pentru toate emiţătoarele existente. De aceea, printr-o convenţie internaţională, cu excepţia undelor scurte, unde înghesuiala este mai mică, lărgimea fiecărei benzi de frecvenţe muzicale s-a limitat la 4 500 per/s. Astfel, un emiţător nu ocupă în eter decît o bandă de 9 000 per/s. Este de ajuns să existe între două unde purtătoare o distanţă de 9 000 per/s, pentru ca două emiţătoare să nu se jeneze reciproc... cu condiţia, bineînţeles, ca radioreceptorul să fie suficient de selectiv pentru a separa 9 000 per/s...

IGNOTUS: Cred că s-ar putea, cu un număr suficient de circuite oscilante bune, să se facă un radioreceptor atît de selectiv încît să nu recepţioneze decît o singură frecvenţă.

CURIOSUS: Ar fi o treabă frumoasă! Îţi dai seama, Ignotus, că un astfel de radioreceptor nu te-ar face să asculţi decît o singură notă muzicală. Ai gusta tu farmecul *Simfoniei pastorale* dacă din toată bogăţia ei de sunete n-ai auzi, de exemplu, decît mi bemolul celei de a treia octave?

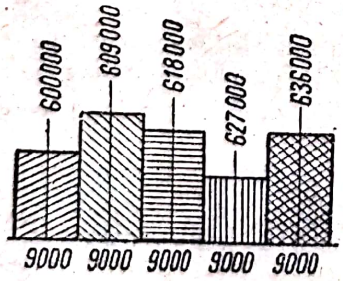
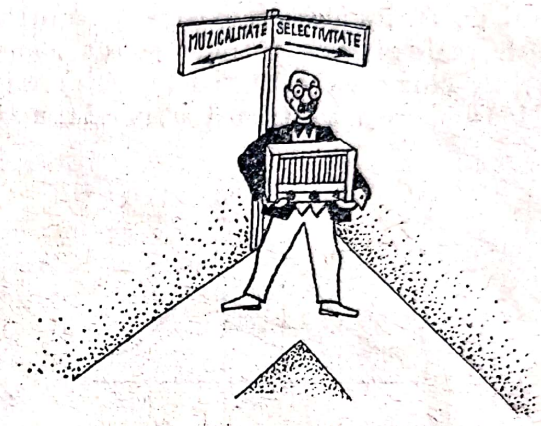


Fig. 109. Spectru de frecvenţă al emiţătoarelor. Undele purtătoare sînt depărtate cu 9 000 per/s. Banda de modulaţie nu depăşeşte 4 500 per/s.

IGNOTUS: Desigur că nu. După cum văd, pentru ca radioreceptorul să redea muzica emisă, trebuie să lase să treacă cele 9 000 per/s ale benzilor de modulaţie.

CURIOSUS: Dar el nu trebuie să lase să treacă o bandă de frecvenţă mai largă. În caz contrar vor avea loc interferenţe între emisiunile cu frecvenţe învecinate.



Şi iată-te în faţa acestei probleme teribile care opune muzicalitatea selectivităţii: cu cît radioreceptorul este mai puţin selectiv cu atît el este mai muzical.

IGNOTUS: Între selectivitate şi muzicalitate, eu optez pentru aceasta din urmă.

Filtrul de bandă împacă adversarii

CURIOSUS: La ce-ţi va servi redarea fidelă a tuturor frecvenţelor muzicale, dacă audiţia va fi acoperită de fluierăturile de interferenţă?

IGNOTUS: Să vedem. Oare nu există posibilitatea de a lăsa să treacă în întregime o bandă de 9 000 per/s cu înlăturarea tuturor celorlalte frecvenţe în afara acestei benzi?

CURIOSUS: Da. Se ajunge cel puţin la realizarea acestui obiectiv, cu o oarecare aproximaţie. Un singur circuit oscilant nu ne permite de a-l realiza. *Curba sa de rezonanţă*...

IGNOTUS: Ce este aceasta? Nu mi-ai vorbit niciodată de ea.

CURIOSUS: Se numeşte astfel curba care arată cum variază într-un circuit oscilant intensitatea curentului după frecvenţa sa. Intensitatea este evident maximă la rezonanţă. Apoi ea cade mai mult sau mai puţin brusc, după cum circuitul opune mai multă sau mai puţină rezistenţă pentru curentul de înaltă frecvenţă. Dacă circuitul este rezistent sau, cum se spune, *amortizat*, curba sa este foarte largă (fig. 110); el lasă să treacă o bandă mare

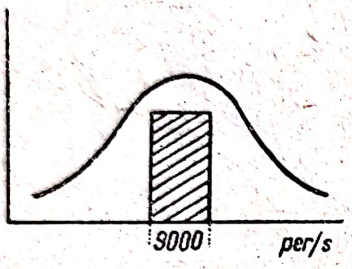


Fig. 110. Circuit amortizat: selectivitate proastă, muzicalitate bună.

de frecvenţă, dar el nu este îndeajuns de selectiv. Dacă, din contra, circuitul este foarte puţin amortizat (fig. 111), el nu lasă să treacă decît o bandă îngustă de frecvenţă; îndeajuns de selec-

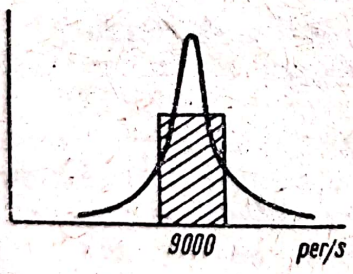


Fig. 111. Circuit puţin amortizat: selectivitate bună, muzicalitate proastă.

tiv, el nu lasă să treacă totalitatea benzilor de modulaţie. Curba ideală de rezonanţă va fi dreptunghiulară, cu o lărgime de 9 000 per/s, ceea ce va arăta că el lasă să treacă o bandă de 9 000 per/s şi nimic altceva!

IGNOTUS: Deoarece îmi spui că o astfel de curbă este ideală, înseamnă că este imposibil s-o obţinem.

CURIOSUS: Într-adevăr. Dar ne putem apropia de ea folosind *filtre de bandă*. Filtrele de bandă cele mai simple se compun din două circuite oscilante, slab amortizate, acordate amîndouă pe

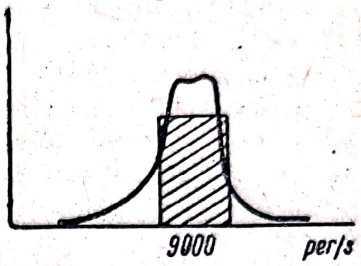


Fig. 112. Filtru de bandă care adaugă o bună selectivitate la o bună muzicalitate.

frecvenţa undei purtătoare. Cuplîndu-le mai mult sau mai puţin, se obţine o curbă de rezonanţă mai mult sau mai puţin largă (fig. 112), a cărei formă se apropie de aceea a curbei ideale.

IGNOTUS: Şi cum se face cuplajul între cele două circuite oscilante care compun filtrul de bandă?

CURIOSUS: Modul cel mai simplu este de a le cupla prin inducţie (fig. 113), ceea ce constituie un transformator cu primarul şi secundarul acordate,

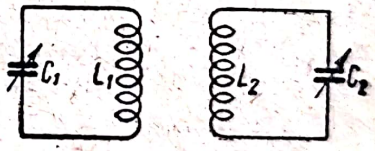


Fig. 113. Filtru cu cuplaj prin inducţie.

sau printr-o slabă capacitate (fig. 114). În filtrele mai complicate se foloseşte un cuplaj prin impedanţa comună *I*.

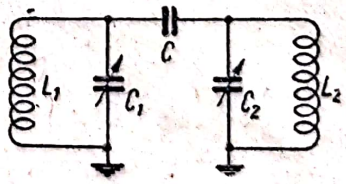


Fig. 114. Filtru cu cuplaj prin capacitate.

IGNOTUS: Care este modul în care o astfel de impedanţă poate produce cuplajul?

CURIOSUS: Curentul care circulă în primul circuit (fig. 115) dezvoltă în această impedanță o tensiune alternativă care se găsește astfel aplicată celui de al doilea circuit și excită în el un

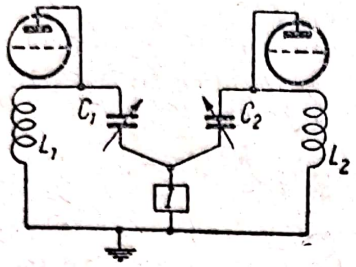


Fig. 115. Cuplaj prin impedanța comună *I*.

curent. Dacă impedanța este slabă, tensiunea care se va dezvolta acolo va fi de asemenea slabă: aceasta va echivala cu un cuplaj larg.

IGNOTUS: Ce fel de impedanțe se folosesc de obicei?

CURIOSUS: Capacități (fig 116) sau, mai rar, inductanțe (fig. 117). Pentru a obține o reactanță mică,

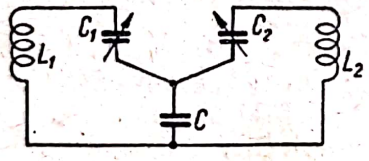


Fig. 116. Filtru cu capacitate comună.

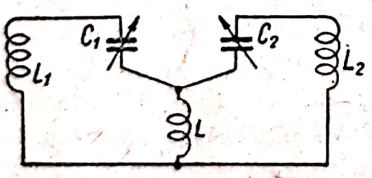


Fig. 117. Filtru cu inductanță comună.

trebuie folosit un condensator de o capacitate destul de ridicată, cu atît mai ridicată cu cît frecvența curentului este mai mică.

IGNOTUS: Îmi amintesc, într-adevăr, că atunci cînd capacitatea și frecvența cresc, reactanța capacitivă scade. Și, cum cea inductivă se comportă invers, presupun că în filtrele cu inductanțe, pentru a obține cu cuplaj slab, trebuie să luăm o înfășurare cu inductanța slabă, cu atît mai slabă cu cît frecvența este mai ridicată.

CURIOSUS: Ai început să raționezi logic, amice. Silește-te deci să rezolvi această mică problemă: avem două filtre, unul cu cuplajul prin capacitate, altul prin inductanță; schimbăm acordul circuitelor lor, mergînd de la frecvențe mai joase spre frecvențe mai înalte. Lărgimea benzii de trecere a fiecărui din aceste filtre va rămîne constantă?

IGNOTUS: Desigur că nu. În filtrul cu capacitate, mărind frecvența, micșorezi reactanța; cuplajul scade și banda devine mai îngustă. În filtrul cu inductanță, reactanța crește cu frecvența și prin urmare banda de trecere se lărgește.

CURIOSUS: Bravo! Observă că aici este vorba de un fenomen destul de neplăcut. Imaginează-ți un astfel de filtru cu capacitate folosit ca legătură între două etaje de ÎF ale unui receptor. Presupune că pentru undele de o frecvență determinată, el lasă să treacă banda de frecvență reglementară de 9 000 per/s. Dar atunci cînd acordezi receptorul pe o emisie cu o frecvență mai ridicată, banda de trecere devine prea îngustă; prea selectiv, receptorul nu va mai fi de ajuns de muzical.

IGNOTUS: Ei bine, eu cred că există un mijloc foarte simplu pentru a menține constantă lărgimea benzii de trecere pentru toate frecvențele de acord.

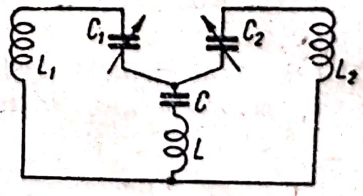


Fig. 118. Filtru Vreeland cu capacitate și inductanță comună.

Este de ajuns de a constitui impedanța comună a filtrului dintr-un condensator și o bobină puse în serie (fig. 118).

Efectele lor opuse se vor compensa reciproc.

CURIOSUS: Înainte de tine, un savant cu numele de Vreeland a experimentat astfel de filtre. Din nefericire, lucrurile nu sînt chiar atît de simple, căci trebuie ţinut cont de defazajul curentului prin *L* şi *C*. Există un alt mod de a învinge dificultatea: folosirea filtrelor de bandă în etajele de amplificare de medie frecvenţă ale superheterodinelor.

IGNOTUS: În numele impedanţei, îţi dau dreptate! Acolo sîntem totdeauna acordaţi pe aceeaşi frecvenţă şi n-avem a ne teme de variaţia lărgimii benzii de trecere.

CURIOSUS: Îţi atrag totuşi atenţia că în preselectoarele superheterodinelor, aşezate între antenă şi primul tub pentru a elimina „frecvenţele imagine", se folosesc adesea filtre de bandă cu capacitate. Acolo este vorba de a elimina o frecvenţă destul de depărtată de frecvenţa de acord. De asemenea, fără inconvenient, banda de trecere poate fi mai mare de 9 000 per/s.

Ignotus optează pentru selectivitatea variabilă

IGNOTUS: Acum, Curiosus, presupune că avem un receptor cu filtre de bandă care lasă să treacă banda de 9 000 per/s. Dacă vrem să ascultăm o emisiune îndepărtată, despărţită numai de 9 000 per/s de o puternică emisiune locală, aceasta din urmă nu va jena totuşi recepţia

CURIOSUS: Într-adevăr, deoarece curbele de rezonanţă ale filtrelor nu fac decît să se apropie de curba ideală, recepţia va fi evident jenată de emiţătorul local. Pentru a recepţiona o astfel de emisiune fără perturbaţii, este necesar un receptor cu o selectivitate exagerată; banda de trecere trebuie să fie mai mică de 9 000 per/s. Astfel, sacrificînd parţial muzicalitatea se poate totuşi recepţiona emisiunea într-un mod inteligibil.

IGNOTUS: Prefer să nu pot asculta anumite emisiuni, dacă este necesar, decît să am o selectivitate exagerată care să dăuneze muzicalităţii.

CURIOSUS: Din fericire, proprietăţile în aparenţă incompatibile se pot împăca, făcînd selectivitatea receptorului variabilă. Se foloseşte atunci o selectivitate slabă pentru recepţionarea emisiunilor care nu riscă să fie perturbate, adică pentru emisiunile apropiate şi puternice. Ele sînt reproduse atunci cu muzicalitatea maximum compatibilă cu o recepţie fără perturbaţii.

IGNOTUS: E uimitor! Dar cum se realizează selectivitatea variabilă?

CURIOSUS: Astăzi, Ignotus, pui o serie de întrebări copilăreşti. Pentru a face variabilă lărgimea benzii de trecere a unui filtru, este de ajuns de-a face reglabil cuplajul. Astfel, la filtrele cu cuplaj prin inducţie mutuală, cuplajul variabil se realizează făcînd bobinele mobile. În filtrele cu impedanţă se folosesc condensatoare sau inductanţe variabile. Bineînţeles că se iau unele precauţii pentru a se evita ca circuitele să se dezacordeze datorită variaţiei cuplajului.

IGNOTUS: Ei bine, receptorul meu va fi cu selectivitate variabilă!

Scanned with OKEN Scanner

CONVORBIREA a 20-a

Însfîrşit, am ajuns la capătul frumoasei noastre călătorii pe care am făcut-o prin pitoreştile ţinuturi ale radioului, datorită convorbirilor dintre prietenii noştri. Dacă le-aţi urmărit cu atenţie, radioul nu mai are secrete pentru dumneavoastră, cel puţin în liniile sale mari. Dar înainte de a vă părăsi, Curiosus şi Ignotus, beneficiind de cunoştinţele acumulate, vor trasa şi analiza schema unui receptor modern, pe care-l vor monta.

La lucru!

IGNOTUS: În numele pentodei! Ce văd! Ai devalizat un magazin de articole radiotehnice, dragul meu Curiosus?

CURIOSUS: Ai răbdare, Ignotus. Vom intra acum în faza activă a colaborării noastre tehnice, care sper că se va dovedi tot atît de rodnică ca...

IGNOTUS: Fie-ţi milă! Nu mă plictisi cu acest stil umflat demn de „Palais-Bourbon"[1]... Spune-mi la ce serveşte această cantitate de bobine blindate, de tuburi electronice, de rezistenţe şi de condensatoare?

CURIOSUS: Pur şi simplu pentru a începe, însfîrşit, montajul receptorului promis de atîta timp naşei. Eu cred că într-adevăr tu cunoşti acum tot ce trebuie ştiut despre funcţionarea receptoarelor pentru a începe fără teamă construcţia.

IGNOTUS: Sînt măgulit de această dovadă de încredere — pentru a adopta stilul care astăzi îţi este drag... Aş mai vrea să ştiu însă care este schema pe care ai dori să mi-o impui.

CURIOSUS: Nu vreau să-ţi impun nimic, prietene. Spune-mi chiar tu dezideratele pe care le ai şi eu voi căuta să întocmesc o schemă după vederile tale.

IGNOTUS: Perfect. Ei bine, va fi evident o superheterodină. Pentru a începe, să aşezăm la intrare un filtru de bandă preselector. Pentru că este vorba de o bandă de trecere destul de largă, atît cît trebuie pentru a elimina frecvenţa imagine, am putea poate adopta un filtru cu capacitate comună.

CURIOSUS: Dorinţele tale sînt împlinite, Ignotus. Iată filtrul despre care e vorba. Bobina de antenă L_1 este cuplată prin inducţie cu primul circuit oscilant L_2C_1, care, prin reactanţa comună a condensatorului C_3, este cuplat la rîndul său în circuitul L_3C_2.

IGNOTUS: Mulţumesc! Acum ar fi bine să asigurăm o preamplificare a înaltei frecvenţe cu ajutorul unei pentode.

CURIOSUS: Nimic mai uşor: noi o polarizăm prin rezistenţa R_1 (decuplată prin C_4) şi fixăm potenţialul grilei-ecran cu ajutorul lui R_2 şi R_3 (decuplajul se face prin C_5). Legătura sa cu tubul următor va fi asigurată de un transformator L_4L_5 cu secundarul acordat prin C_7. Însfîrşit, circuitul de placă este decuplat prin R_4 şi C_6.

IGNOTUS: Foarte bine. Socot că pentru a schimba frecvenţa curentului amplificat va putea fi utilizată cu folos o octodă montată după pentodă.

CURIOSUS: Chiar te sfătuiesc să faci aşa. Octoda va fi polarizată prin R_5. Circuitul oscilant al heterodinei locale va fi compus din L_6 şi C_8 şi bobina de reacţie va fi reprezentată prin L_7. Circuitul L_6C_8 este legat la prima grilă prin C_{10}. Potenţialul acestei grile este

[1]) Sediul Parlamentului francez (*N. Trad*).

fixat prin R_6. Oscilaţia de înaltă frecvenţă va fi aplicată de circuitul L_5C_7 la grila protejată prin dubla grilă-ecran. Potenţialul acesteia din urmă este fixat de R_7 şi R_8.

IGNOTUS: Dacă examinezi toate acestea mai de aproape vei vedea că nu sînt chiar atît de complicate. Acum permite-mi să cer adoptarea principiului selectivităţii variabile.

CURIOSUS: Asta vine tocmai la timp. Vom aşeza la intrarea şi la ieşirea pentodei de medie frecvenţă două filtre de bandă Tr_1 şi Tr_2 cu cuplaj variabil prin inducţie. Şi acum?...

IGNOTUS: Detectăm curentul nostru de medie frecvenţă. Doreşti să utilizăm în acest scop o diodă combinată cu o triodă, astfel încît triodei să-i revină sarcina preamplificării la joasă frecvenţă?

potenţiometru, astfel că o parte mai mare sau mai mică a acestei tensiuni va fi aplicată prin condensatorul de legătură C_{17}, la grila triodei, căreia R_{16} îi va fixa potenţialul. Acest potenţial este negativ în raport cu cel al catodului, care este mai pozitiv ca masa, datorită rezistenţei de polarizare R_{14}.

IGNOTUS: Vrei să facem un receptor modern, Curiosus? Atunci trebuie să-l înzestrăm cu un regulator antifeding. N-am putea folosi în acest scop tensiunile dezvoltate în extremitatea X a rezistenţei de detecţia R_{15}?

CURIOSUS: Bineînţeles. Vom aplica aceste tensiuni prin sistemul întîrzietor R_{17} şi C_{19} la grilele pentodelor înaltă şi medie frecvenţă.

IGNOTUS: Şi pentru că avem de acum un regulator antifeding ţi-ar

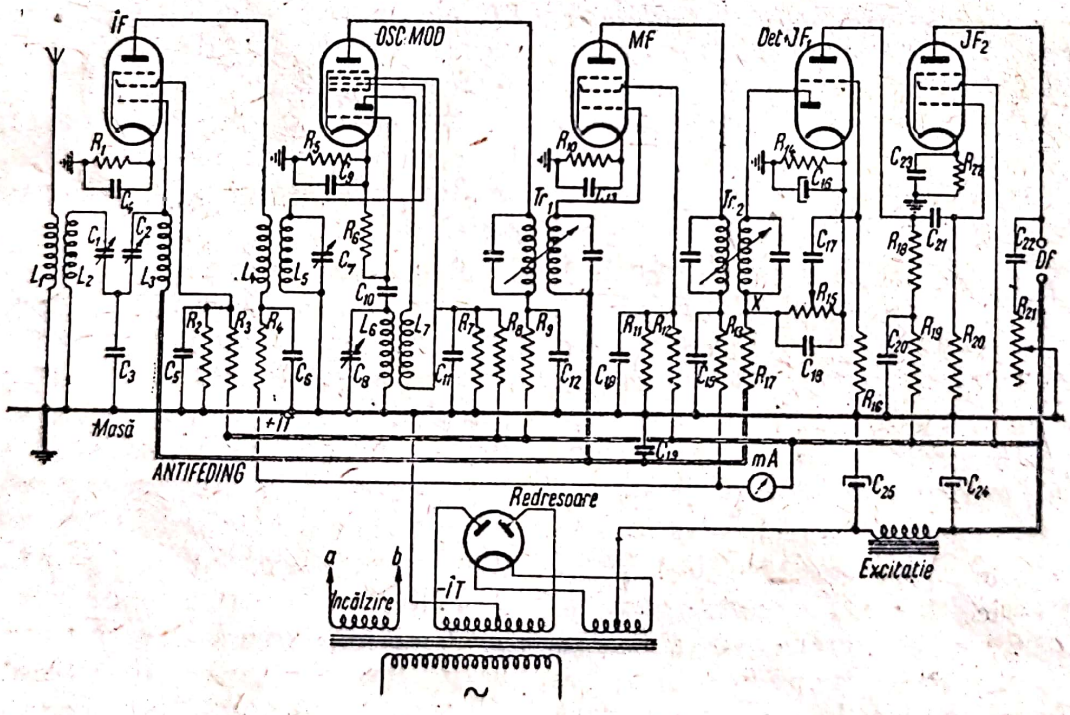


Fig. 119. Iată — după atîtea modificări — schema definitivă a receptorului pe care Ignotus îl va construi.

CURIOSUS: De acord! Rezistenţa R_{15} şi condensatorul C_{18} ne vor permite să culegem tensiunile de joasă frecvenţă, pe care le dezvoltă detecţia prin diodă. În cazul de faţă, R_{15} este un

fi greu să aşezi un indicator vizual de acord?

CURIOSUS: Nimic mai simplu. În loc ca rezistenţele de decuplaj R_4 şi R_{13} ale circuitelor de placă ale pento-

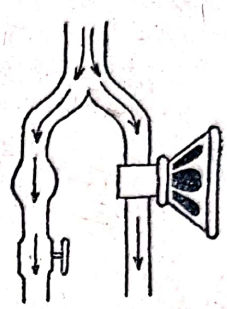
delor noastre supuse acţiunii de antifeding să ajungă direct la + ÎF, intercalăm între ele şi + ÎF un miliampermetru *mA*. Marcînd scăderea maximă a curentului, el va preciza poziţia acordului exact.

IGNOTUS: Îţi mulţumesc pentru îndeplinirea dorinţelor mele abia formulate. Dacă n-ai avea acest început de mustaţă te-aş putea lua drept o zînă... Dar să continuăm construirea viitorului nostru receptor. Rămîne încă tubul final şi alimentarea. Pentru cuplajul cu tubul final mă gîndesc la sistemul cu rezistenţă şi capacitate.

CURIOSUS: Fie şi aşa. În circuitul de placă al preamplificării, să punem pe R_{18} şi să-l decuplăm prin R_{19} şi C_{20}. Condensatorul C_{21} va asigura legătura. Potenţialul grilei pentodei de ieşire va fi fixat de R_{22}. Cît priveşte alimentarea, va fi clasică sub toate raporturile. Curentul, ale cărui alternanţe sînt redresate de o redresoare biplacă, este filtrat de un filtru compus din condensatoarele mari C_{24} şi C_{25} şi din bobina de excitaţie a difuzorului electrodinamic.

IGNOTUS: Constat totuşi, între placa tubului de ieşire şi masă, prezenţa neobişnuită a unui condensator C_{22} în serie cu o rezistenţă variabilă R_{21}. La ce foloseşte el?

CURIOSUS: La îndepărtarea din difuzor a frecvenţelor ridicate ale curentului muzical. Vezi, Ignotus, pentodele folosite în joasă frecvenţă au prostul obicei de a amplifica mai mult frecvenţele ridicate, favorizînd astfel sunetele înalte ale muzicii. Pentru a evita ca audiţia să devină stridentă, se atenuează intensitatea frecvenţelor ridicate făcîndu-le să devieze prin C_{22} şi R_{21}. După cum ştii, cu cît frecvenţa curenţilor este mai ridicată, cu atît ei trec mai uşor printr-un condensator. Pentru a regla cantitatea de curent scos astfel de la difuzor prin deviere, se face drumul de fugă mai greu sau mai uşor, reglînd după voie rezistenţa R_{21}. Obţinem astfel un *regulator de ton*, care permite de a atenua



mai mult sau mai puţin intensitatea sunetelor înalte.

IGNOTUS: Pe scurt, în afară de butonul de acord al grupului de condensatoare variabile (C_1 C_2 C_7 C_8), receptorul nostru va avea încă un buton de comandă a intensităţii (R_{15}) şi un buton de comandă a tonalităţii (R_{21}).

CURIOSUS: Uiţi butonul comutatorului de unde... Şi acum, dragă prietene, nu-ţi rămîne decît să te înarmezi cu un cleşte, cu o şurubelniţă şi cu un ciocan de lipit şi să te apuci de lucru.

Ultimele sfaturi

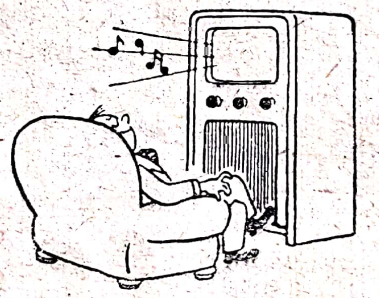
IGNOTUS: Crezi într-adevăr că pot să mă lipsesc acum de sfaturile tale?

CURIOSUS: Desigur că în decursul celor douăzeci de seri pe care le-am petrecut flecărind atît de plăcut, nu ţi-am expus toate micile detalii ale teoriei. Dar astăzi ştii destul ca să înţelegi orice schemă. Montajele cele mai complexe pot fi împărţite într-un număr oarecare de elemente simple, pe care le cunoşti perfect. Timpul şi experienţa te vor învăţa să recunoşti dintr-o privire aceste elemente care-ţi sînt acum familiare. Citind schemele, să ai bunul obicei de a urmări cu creionul în mînă drumul curentului în diferite circuite şi mai cu seamă în circuitele catod-anod ale tuburilor. Nu

uita că curentul plecat de la catod trebuie ca la sfîrşit să se reîntoarcă acolo. Exersează-te cît mai des posibil cu acest joc de citire inteligentă a schemelor. Numai în deplină cunoştinţă de cauză, conştient de rolul fiecăreia din piese, vei putea duce cu bine munca practică de construcţie... Nu uita nici că radioelectricitatea este o ştiinţă tînără, în plină dezvoltare, şi că numai citirea cărţilor şi a revistelor bune îţi vor îngădui să te ţii permanent la curent cu progresele sale.

Mi-ai pus atîtea întrebări în decursul convorbirilor noastre încît cred că pot să-ţi pun şi eu una la rîndul meu pentru a încheia: tot mai consideri că radioul este „al naibii de complicat?

IGNOTUS: Radioul?... Nimic mai simplu!



COMENTARII ŞI COMPLETĂRI

Scanned with OKEN Scanner

AVIZ

Comentariile şi completările care urmează se datoresc condeiului unchiului lui Curiosus, inginerul Radiol, care l-a învăţat odinioară elementele radioelectricităţii.

Care este conţinutul lor?

Unele nu sînt decît rezumate ale convorbirilor respective, rezumate prezentate totuşi în aşa fel, încît chestiunile tratate să fie mai bine înţelese, şi deoarece după vechea zicătoare „repetitia mater studiorum est“ [1]), acest mod de a restudia o problemă va fi desigur folositor.

În anumite cazuri au fost aduse precizări pentru a fixa ordinea de mărime a elementelor care intră într-un montaj sau altul. De asemenea, fără a face apel la cunoştinţe matematice care depăşesc primele elemente de algebră, sînt date cîteva formule pentru a preciza unele relaţii între mărimi electrice şi a permite astfel cititorului să efectueze cîteva calcule foarte simple.

Pe alocuri, problemele privitoare la construcţia aparatelor au fost tratate într-un mod mai concret, ceea ce n-a fost posibil în cuprinsul convorbirilor. În sfîrşit, sînt mai multe probleme care au fost trecute sub tăcere în convorbirile lui Curiosus cu Ignotus. Deoarece este bine ca ele să fie cunoscute, chiar dacă nu sînt primordiale, îşi au şi ele locul cel mai indicat în partea „Comentarii şi completări“. Astfel este cazul montajului în contratimp (push-pull), al diferitelor regimuri de amplificare JF, al alimentării receptoarelor „universale“, al antifedingului întîrziat, al contracţiei, al reglajului unic etc.

Completată astfel şi pusă la zi cu cele mai recente progrese, lucrarea constituie în acelaşi timp un curs detaliat şi explicit. Prezentată într-un mod auster, ar fi putut să fie intitulată „Tratat elementar de radioelectricitate“. Dar la ce foloseşte expunerea plictisitoare a problemelor care nu sînt de loc astfel prin ele însele?

Se va avea în vedere că trimiterile la figurile notate cu cifre arabe se referă la figurile de la partea „Convorbiri“. Ilustraţiile proprii ale părţii „Comentarii şi completări“ au fost notate cu cifre romane.

---

[1]) Repetiţia este mama învăţăturii (*N. Trad.*).

COMENTARII LA CONVORBIREA 1

POTENȚIAL, CONDUCTOARE, IZOLANȚI

În această primă convorbire, Curiosus a reușit să-i expună lui Ignotus un număr de noțiuni de electricitate, indispensabile, pe care noi ne vom da silința să le rezumăm aici.

Atomii tuturor corpurilor se compun dintr-un anumit număr de electroni și de protoni. Primii reprezintă sarcini elementare de electricitate negativă; protonii sînt sarcini elementare pozitive. Raportul dintre numărul acestor sarcini determină starea electrică sau POTENȚIALUL atomului. Acesta este NEUTRU dacă conține același număr de electroni și de protoni. El este NEGATIV dacă numărul de electroni este superior numărului de protoni și POZITIV în caz contrar.

Trebuie observat că într-un atom dat, numărul de protoni rămîne constant; numai anumiți electroni pot migra de la un atom la altul, scăpînd de forța de atracție care există între protoni și electroni. Mai este de observat că astfel de electroni „liberi" nu există decît în anumite corpuri numite CONDUCTOARE. Corpurile ai căror atomi nu conțin electroni liberi aparțin materialelor IZOLANTE.

În afară de electroni și de protoni, nucleul unui atom poate să mai conțină NEUTRONI, care mărindu-i masa nu exercită nici o acțiune asupra stării sale electrice.

CURENT ELECTRIC

Cînd între atomii unui conductor există o diferență de stare electrică sau O DIFERENȚĂ DE POTENȚIAL, echilibrul se restabilește datorită trecerii electronilor în exces de la extremitatea negativă (sau polul negativ) spre extremitatea pozitivă (sau polul pozitiv) al conductorului unde ei lipsesc. Această trecere de electroni de la polul negativ spre polul pozitiv constituie CURENTUL ELECTRIC. Sensul său real este opus sensului convențional (de la pozitiv la negativ), ales arbitrar într-o epocă cînd nu se cunoștea încă natura intimă a curentului.

Trebuie să se țină seama că mersul electronilor de-a lungul unui conductor se efectuează cu mai puțină simplicitate decît lasă să se presupună explicațiile lui Curiosus. Nu este același electron care parcurge conductorul de la un capăt la altul. Adeseori el nu face decît să treacă de la un atom la altul vecin, de unde, la rîndul său, un alt electron sare spre atomul următor și așa mai departe. Viteza individuală a electronilor este relativ mică, dar mișcarea generală se propagă cu o viteză constantă, apropiată de 300 000 km/s, care este viteza curentului electric.

Electronii se pot asemăna cu un șir de vehicule oprite în fața unei bariere închise, înaintea unei treceri de nivel. Cînd bariera se deschide șirul se pune în mișcare rapid. Trece foarte puțin timp între momentul pornirii primului și al ultimului vehicul; aceasta este viteza curentului. Cu toate acestea, viteza individuală a fiecărui vehicul (viteza electronilor) este în acel moment relativ mică.

Dacă nimic nu vine să menţină o diferenţă de potenţial (sau TENSIUNE) la extremităţile conductorului, o dată echilibrul electric restabilit, curentul va înceta. Pentru ca curentul să circule fără oprire, trebuie adăugaţi în permanenţă electroni la atomii polului negativ şi alţii retraşi de la atomii polului pozitiv. În aceasta constă rolul tuturor SURSELOR DE ELECTRICITATE care produc ENERGIE ELECTRICĂ, fie că este vorba de o pilă electrică (unde energia chimică se transformă în energie electrică), de o pilă termoelectrică (care transformă căldura în electricitate) sau de un generator instalat într-o centrală electrică şi care transformă energia mecanică a unui motor în energie electrică.

Se va observa că *în interiorul sursei* electronii merg de la polul pozitiv la polul negativ, pentru că ei trebuie luaţi

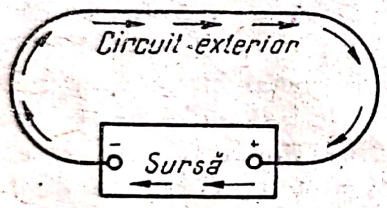


Fig. I. Drumul curentului în interiorul sursei şi în circuitul exterior.

de la atomii polului pozitiv pentru a veni în plus la atomii celui negativ. Astfel, într-un *circuit* electric, electronii circulă în acelaşi sens de la un capăt la altul.

VOLT, AMPER, OHM

Diferenţa de potenţial sau TENSIUNEA care există între două puncte ale unui conductor este măsurată şi exprimată în VOLŢI (V).

Numărul de electroni care traversează secţiunea unui conductor într-o secundă poate fi mai mic sau mai mare. El este acela care determină INTENSITATEA, măsurată în AMPERI (A).

După lungimea, secţiunea şi natura materialului din care este confecţionat un conductor, acesta opune trecerii curentului o REZISTENŢĂ mai mare sau mai mică. Rezistenţa este măsurată în OHMI (Ω).

Cu cît un conductor este mai lung, cu atît rezistenţa sa este mai mare. Din contra, *cu cît secţiunea sa este mai mare cu atît rezistenţa sa este mai mică.*

LEGEA LUI OHM

Mărind tensiunea aplicată la extremităţile unui conductor, noi mărim în aceeaşi proporţie numărul de electroni puşi în mişcare, adică intensitatea. Astfel, constatăm că *intensitatea este direct proporţională cu tensiunea.*

Aplicînd aceeaşi tensiune la conductoare de rezistenţe diferite, observăm că conductoarele cu o rezistenţă mai mare lasă să treacă un curent mai slab. Rezultă astfel că *intensitatea este invers proporţională cu rezistenţa.*

Cele două constatări de mai sus se găsesc rezumate în legea lui Ohm: *intensitatea este direct proporţională cu tensiunea şi invers proporţională cu rezistenţa.*

Astfel, dacă cunoaştem valoarea tensiunii (în volţi) aplicată la extremităţile unui conductor de o rezistenţă cunoscută (şi exprimată în ohmi), împărţind prima valoare prin a doua, se calculează intensitatea (în amperi), care parcurge conductorul. Astfel, aplicînd 10 V unui conductor de 5 Ω vom avea o intensitate de 2 A. Tot astfel, o tensiune de 1 V aplicată unui conductor de 1 Ω va da naştere unei intensităţi de 1 A. Legea lui Ohm este legea fundamentală care cîrmuieşte toate domeniile electricităţii şi radioului. De aceea, se cuvine de a reţine bine diversele aspecte examinate mai departe.

CELE TREI EXPRESII ALE LEGII LUI OHM

Deoarece în formula legii lui Ohm

$$I = \frac{U}{R},$$

tensiunea U reprezintă deîmpărțitul, rezistența R împărțitorul și intensitatea I cîtul, ne amintim că deîmpărțitul este egal cu produsul dintre împărțitor și cît.

Putem exprima atunci legea lui Ohm într-o formă nouă

$$U = I \times R.$$

Ce spune aceasta? Că *tensiunea este egală cu produsul dintre intensitate și rezistență.*

Astfel, cunoscînd intensitatea care traversează un conductor de rezistență dată, putem, înmulțind aceste două valori, să determinăm valoarea tensiunii care provoacă curentul respectiv.

Însfîrșit, pornind de la cea de a doua expresie a legii lui Ohm și amintindu-ne că produsul (U) împărțit prin unul din factori (I), trebuie să ni-l dea pe celălalt (R), putem scrie:

$$R = \frac{U}{I},$$

care nu este decît a treia expresie a legii lui Ohm. Vedem că *rezistența este egală cu tensiunea împărțită prin intensitate.*

Dacă cunoaștem valoarea tensiunii la extremitățile unui conductor și intensitatea pe care ea o determină, împărțind prima valoare la a doua obținem valoarea rezistenței conductorului.

Pe această lege se bazează „ohmmetrele", instrumente care servesc la măsurarea rezistențelor. Ele conțin o pilă electrică a cărei tensiune este cunoscută și un ampermetru (un aparat pentru măsurarea intensității). Tensiunea pilei fiind aplicată rezistenței de măsurat, ampermetrul indică valoarea curentului ce se stabilește. Este de ajuns de a împărți tensiunea cunoscută a pilei la intensitatea indicată de ampermetru, pentru a găsi valoarea rezistenței măsurate.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 2-a

CURENT ALTERNATIV

Dacă în prima convorbire Curiosus a reușit să expună proprietățile fundamentale ale CURENTULUI CONTINUU, adică curentul produs de o tensiune de valoare și de polaritate constantă, ÎN CEA DE A DOUA CONVORBIRE el a abordat fără ocol studiul CURENTULUI ALTERNATIV.

Acesta este produs de o tensiune alternativă. Se numește astfel o tensiune variabilă, astfel că fiecare extremitate a conductorului se găsește în raport cu cealaltă la potențiale alternativ pozitive și negative, trecînd prin toate potențialele intermediare (inclusiv potențialul nul). Rezultă un curent care își schimbă mereu sensul; mergînd într-un sens, el crește, atinge o valoare maximă (numită AMPLITUDINE), scade, se anulează la un moment dat, apoi crește, dar în sens contrar, atinge acolo iarăși valoarea maximă, scade apoi pentru a trece prin zero și reia ciclul variațiilor sale.

Timpul în care se efectuează un astfel de ciclu (care cuprind un dus și întors al curentului) se numește PERIOADĂ a curentului alternativ. Numărul de perioade pe care curentul le împlinește într-o secundă poartă numele de *frecvență* a curentului. Se înțelege ușor că, *cu cît perioada este mai scurtă*, cu atît sînt mai multe perioade într-o secundă și *cu atît frecvența este mai ridicată.*

Curentul alternativ este folosit în cea mai mare parte dintre sistemele

actuale de distribuţie a electricităţii, la oraşe şi sate. El este produs de maşini numite „alternatoare". Frecvenţa uzuală este în Europa de 50 perioade pe secundă şi în America de 60 perioade pe secundă.

UNDE ELECTROMAGNETICE

Lăsăm la o parte frecvenţele „industriale", care pentru un radio-tehnician sînt foarte „joase", deoarece în radio, pentru a genera unde care servesc la transmisiune, se folosesc curenţi de ÎNALTĂ FRECVENŢĂ, care în practica curentă trebuie să fie de cel puţin 10 000 perioade pe secundă, cu alte cuvinte de o perioadă egală sau mai mică de 0,0001 s. Fiecare perioadă a unui astfel de curent, lansată într-un fir conductor (ANTENA DE EMISIE), dă naştere la o undă electromagnetică, care se propagă în spaţiu ca un inel care se lărgeşte mereu în jurul antenei. Această lărgire se efectuează cu o viteză uimitoare de 300 000 000 m/s, viteză egală cu cea a luminii. Acest fapt nu trebuie să ne mire, fiindcă undele radioului şi undele luminoase sînt de aceeaşi natură; în ambele cazuri este vorba de unde electromagnetice. Diferă numai frecvenţele, care pentru undele luminoase sînt mult mai ridicate.

Distanţa dintre două unde succesive emise de o antenă se numeşte LUNGIME DE UNDĂ. Cu cît perioada este mai scurtă (sau frecvenţa mai ridicată), cu atît această distanţă este mai mică, iar undele se succed la intervale mai scurte. Se disting în radio mai multe categorii sau „game" de unde, fixate într-un mod puţin arbitrar:

Undele LUNGI: peste 600 m lungime de undă.

Undele MEDII: de la 200 la 600 m.

Undele SCURTE: de la 10 la 200 m.

Undele ULTRAŞCURTE: de la 1 la 10 m.

Undele DECIMETRICE: de la 10 cm la 1 m.

Undele CENTIMETRICE: de la 1 la 10 cm.

Acestea din urmă ajung aproape cele mai lungi radiaţii infraroşii.

Să mai notăm că în radioelectricitate, în locul cuvîntului „perioadă" se foloseşte adeseori „ciclu", iar expresiile „perioadă pe secundă" sau „ciclu pe secundă" pot fi înlocuite prin HERTZ (Hz) (după numele fizicianului care a demonstrat experimental existenţa undelor electomagnetice sau a undelor herţiene). Cum în radio avem adeseori de-a face cu frecvenţe ridicate, ne servim de multiplii acestei unităţi:

1 KILOHERTZ (kHz) = 1 000 Hz (sau perioade pe secundă),

1 MEGAHERTZ (MHz) = 1 000 000 Hz (sau perioade pe secundă).

Se poate de asemenea vorbi de kilocicli pe secundă sau de megacicli pe secundă.

CÎMP MAGNETIC

Crearea cu ajutorul curentului electric a undelor electromagnetice este una din multiplele manifestări ale înrudirii strînse — pentru a nu spune mai mult — care uneşte fenomenele electrice şi magnetice. Orice deplasare de electroni generează în vecinătate un CÎMP MAGNETIC. Acul magnetizat al unei busole descoperă prezenţa cîmpului magnetic creat în jurul unui conductor parcurs de un curent, orientîndu-se perpendicular în raport cu conductorul. Dacă se inversează sensul curentului, acul descrie un semicerc, ceea ce demonstrează că cîmpul magnetic are o polaritate determinată de sensul curentului.

Cîmpul magnetic al unui conductor poate să fie făcut mai intens înfăşurînd acest conductor (firul metalic) în aşa fel încît să formeze o bobină. Cîmpul magnetic al tuturor spirelor se adună în acest caz şi bobina parcursă de curent acţionează ca un adevărat magnet liniar. Acţiunea unui astfel de magnet

va fi întărită introducînd în interiorul bobinei o bară de fier. Fierul oferă forţelor magnetice o PERMEABILITATE mai mare ca aerul. De asemenea, cîmpul magnetic se concentrează într-un MIEZ MAGNETIC constituit astfel şi obţinem un ELECTROMAGNET. Dacă miezul este din fier moale, el pierde magnetizarea cînd curentul este întrerupt (sau nu conservă decît o slabă parte). Dacă este din oţel, rămîne magnetizat. Prin acest procedeu se fabrică actualmente magneţi artificiali.

INDUCŢIA

Dacă variaţiile curentului electric provoacă variaţii corespunzătoare ale cîmpului magnetic pe care-l creează, invers, *variaţiile cîmpului magnetic generează în conductoare curenţi variabili*. Astfel, dacă se apropie sau se îndepărtează un magnet de o bobină, facem să apară în aceasta un curent care nu va exista decît în timpul mişcării magnetului, adică în timpul variaţiei cîmpului. Trebuie să notăm bine că *variaţia* şi nu simpla prezenţă a cîmpului magnetic este aceea care generează curentul în conductor.

În loc de un magnet se poate apropia un electromagnet format dintr-o bobină parcursă de curent continuu; rezultatul va fi acelaşi. Se mai poate fixa această bobină în vecinătatea alteia, trimiţînd apoi prin ea un curent variabil. Astfel, un curent alternativ parcurgînd prima bobină va da naştere unui curent alternativ în cea de a doua. Sîntem în faţa fenomenului de *inducţie*. Pentru aceasta nu este necesar un contact direct, deoarece există un CUPLAJ MAGNETIC între cele două bobine, al căror ansamblu constituie un TRANSFORMATOR electric. Vom vedea mai departe cauza acestei denumiri.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 3-a

LEGEA LUI LENZ

Urmărind studiul inducţiei magnetice, tinerii noştri amici redescoperă LEGEA LUI LENZ, fără însă a o numi. Ei constată, în adevăr, că *curentul indus se opune în fiecare moment variaţiilor curentului inductor*. Cînd acesta creşte, curentul indus circulă în sens opus. Cînd curentul inductor scade, curentul indus circulă în acelaşi sens.

Fenomenele inducţiei se supun, după cum vedem, unei legi foarte generale a naturii: legea acţiunii şi reacţiunii. Curentul indus depinde de viteza de variaţie a curentului inductor, ca şi de intensitatea sa.

INDUCŢIA PROPRIE

Dacă curentul care circulă într-o bobină induce curenţi în bobinele care se găsesc în vecinătatea sa, cu atît mai mult el va induce curenţi în spirele bobinei în care circulă. Acest fenomen de INDUCŢIE PROPRIE este supus aceloraşi legi care cîrmuiesc inducţia. Prin urmare, atunci cînd intensitatea curentului care circulă într-o bobină tinde să crească, ia naştere un curent de inducţie proprie în sens opus şi încetineşte creşterea curentului inductor. Din această cauză, dacă se aplică unei bobine o tensiune continuă, curentul care se stabileşte nu poate să atingă instantaneu intensitatea normală; îi trebuie pentru aceasta un anumit timp, cu atît mai lung cu cît inducţia proprie a bobinei este mai mare. De asemenea, dacă mărim treptat tensiunea dintre extremităţile unei bobine, intensitatea va urma această creştere cu o anumită întîrziere, curentul de inducţie proprie acţionînd în sens opus.

Dacă din contra, micşorăm tensiunea aplicată bobinei, şi în acest caz mic-

şorarea intensităţii se va produce cu o anumită întîrziere, curentul de inducţie proprie mergînd în acelaşi sens ca şi curentul inductor pe care îl prelungeşte oarecum. În cazul extrem, cînd tensiunea aplicată unei bobine se anulează brusc, variaţia foarte rapidă a curentului inductor (de exemplu, la deschiderea unui întrerupător) provoacă o tensiune indusă care poate fi de valoare ridicată; ea dă naştere unei scîntei care izbucneşte între contactele întrerupătorului.

REACTANŢA INDUCTIVA

Dacă se aplică o tensiune alternativă unei bobine, curentul alternativ care ia naştere întreţine un cîmp magnetic alternativ, care la rîndul său menţine un curent de inducţie proprie ce se opune mereu variaţiilor curentului inductor şi din această cauză îl împiedică să atingă intensitatea maximă pe are ar fi avut-o în lipsa inducţiei proprii (să nu uităm, în adevăr, că atunci cînd curentul inductor creşte, curentul indus merge în sens invers). Totul se produce deci ca şi cum la rezistenţa normală (numită „ohmică") a conductorului am adăugat o altă rezistenţă datorită inducţiei proprii. Această *rezistenţă de inducţie proprie*, sau REACTANŢĂ INDUCTIVĂ *este cu atît mai ridicată cu cît frecvenţa curentului este mai mare* (pentru că variaţiile mai rapide ale curentului inductor provoacă curenţi de inducţie proprie mai intenşi) *şi cu cît însăşi inductanţa este mai ridicată.*

Inductanţa unei bobine depinde numai de proprietăţile sale geometrice: numărul şi diametrul spirelor şi modul cum sînt ele dispuse. Ea creşte repede cu mărirea numărului de spire. Introducerea unui miez de fier, intensificînd cîmpul magnetic, măreşte inducţia în proporţii considerabile. Inductanţa unei bobine se exprimă în HENRY (H) sau în submultiplii acestei unităţi: MILIHENRY (mH), care este a mia parte dintr-un henry, şi MICROHENRY (μH), care este a milioana parte dintr-un henry.

Dacă se notează cu L inductanţa unei bobine exprimată în henry, un curent de frecvenţă f va întîmpina o reactanţă de $6{,}28 \times L \times f$ ohmi (se observă că 6,28 este luat aici ca valoare apropiată a lui 2π).

CONDENSATORUL

După ce au trecut în revistă fenomenele principale ale inducţiei şi inducţiei proprii, Curiosus şi Ignotus s-au lansat orbeşte în studiul CONDENSATOARELOR care au... CAPACITATEA de a acumula sarcini electrice. Condensatorul se compune din două conductoare (care formează ARMĂTURILE) separate printr-un corp izolant sau, „în stil ingineresc", printr-un DIELECTRIC. Dacă se leagă cele două armături la o sursă de curent electric, electronii se adună în armătura legată la polul negativ şi părăsesc armătura legată la polul pozitiv. Această ÎNCĂRCARE este intensificată de fenomenul de repulsie între electronii apropiaţi de pe cele două armături. Dacă aceleaşi armături sînt îndepărtate, ele nu vor putea înmagazina aceleaşi sarcini de electricitate.

În momentul cînd sursa este legată de condensator se stabileşte un curent de încărcare. La început acest curent este intens, apoi, pe măsură ce armăturile se apropie de potenţialul polilor sursei, el devine din ce în ce mai slab, ca să înceteze atunci cînd aceste potenţiale sînt atinse. Durata totală a curentului este foarte scurtă.

CAPACITATEA

După cum cantitatea de electricitate pe care un condensator poate s-o înmagazineze este mai mare sau mai mică, se spune că are o capaci-

tate mai mare sau mai mică. Capacitatea se măsoară în FARAZI (F) sau în submultipli ai acestei unități: MICROFARADUL (μF), care este a milioana parte dintr-un farad, MILIMICROFARADUL (mμF), sau NANOFARADUL (nF), egal cu 0,000 000 001 F și chiar MICROMICROFARADUL (μμF), sau PICOFARADUL (pF), egal cu 0,000 000 000 001 F. Capacitatea depinde evident de suprafața armăturilor față în față și crește o dată cu ea. Ea este de asemenea cu atît mai mare cu cît armăturile sînt mai apropiate, fără ca să fie totdeauna posibil de a merge prea departe pe această cale, căci dacă dielectricul este prea subțire, el poate fi străpuns de o scînteie cauzată de o tensiune ceva mai mare (în argoul electricienilor se spune că „condensatorul clachează"). În sfîrșit, capacitatea depinde de natura dielectricului. Cel mai bun (și de asemenea cel mai ieftin) dintre dielectrici este aerul uscat. Dacă îl înlocuim cu oricare alt dielectric, capacitatea condensatorului crește. Trebuie notat că, dimpotrivă, capacitatea condensatorului este independentă de natura și grosimea armăturilor.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 4-a

TRECEREA CURENTULUI ALTERNATIV PRINTR-UN CONDENSATOR

În convorbirea precedentă am abandonat condensatorul nostru încărcat. Deconectîndu-l de la sursa de electricitate și conectîndu-i armăturile la o rezistență, provocăm DESCĂRCAREA sa. Electronii în excedent pe armătura negativă vor veni prin rezistență să umple deficitul armăturii pozitive. Curentul de descărcare, intens la început, va deveni mai slab pe măsură ce diferența de potențial între armături se va micșora și, în sfîrșit, va înceta atunci cînd cele două armături vor fi la același potențial.

Se pot produce un șir neîntrerupt de încărcări și descărcări ale condensatorului, conectîndu-l la o sursă de curent alternativ. Armăturile se încarcă, se descarcă și se reîncarcă atunci în ritmul tensiunii alternative și în circuit (numim astfel ansamblul de elemente parcurse de curent) se stabilește o adevărată circulație de curent. Aceasta îngăduie să se afirme că condensatorul este STRĂBĂTUT de curentul alternativ, fără ca totuși electronii să treacă pentru aceasta de la o armătură la alta prin dielectricul său.

REACTANȚA CAPACITIVĂ

Bineînțeles că trecerea curentului alternativ printr-un condensator nu se efectuează cu aceeași ușurință ca printr-un bun conductor; condensatorul opune curentului o anumită rezistență „capacitivă", pe care o numim REACTANȚĂ CAPACITIVĂ. Aceasta *este cu atît mai mică cu cît capacitatea este mai mare și cu cît frecvența curentului este și ea mai mare*; căci cu cît vor exista mai multe variații pe secundă, cu atît va fi mai mare numărul de electroni care vor străbate într-o secundă o secțiune a conductoarelor circuitului.

Dacă notăm cu C capacitatea măsurată în farazi a unui condensator parcurs de un curent de frecvență f, reactanța capacitivă este egală cu $\frac{1}{6{,}28\,Cf}$ ohmi. Comparîndu-le, se vede că *reactanțele capacitivă și inductive au proprietăți net opuse*: atunci cînd reactanța inductivă crește cu inductaţa și cu frecvența, reactanța capacitativă scade atunci cînd capacitatea sau frecvența crește.

DEFAZAJUL

Opoziția dintre inducția proprie și capacitate se mai manifestă într-un alt fel destul de curios. Să ne amintim că datorită inducției proprii intensitatea urmează variațiile tensiunii alternative cu o anumită *întîrziere* (a se examina cu atenție fig. 9). Acest decalaj între curent și tensiune poartă numele de *defazaj*. Se spune astfel că tensiunea și curentul „nu sînt în fază".

Studiind circulația curentului alternativ într-un circuit care conține un condensator (fig. 12) se va observa că mișcarea electronilor se oprește (curentul devine nul) în momentul cînd tensiunea devine maximă; apoi tensiunea descrește, intensitatea curentului crește, și devine maximă cînd tensiunea trece prin zero pentru a-și schimba sensul; apoi, pe măsură ce condensatorul se reîncarcă, adică tensiunea crește în celălalt sens, intensitatea scade pentru a deveni nulă în momentul cînd tensiunea atinge valoarea sa maximă. Această desfășurare a fenomenelor devine deosebit de evidentă cînd, referindu-ne la fig. 12, ne amintim că maximul tensiunii corespunde pozițiilor extreme ale pistonului (sau bombării maxime a membranei) și că tensiunea trece prin zero atunci cînd pistonul este în poziția sa medie (și membrana este plană). Vedem că aici intensitatea variază *în avans* față de variațiile tensiunii, căci atunci cînd aceasta este încă nulă, curentul este maxim. Ne aflăm deci, ca și în cazul inducției proprii, în fața unui defazaj, dar în sens opus.

Dacă circuitul nu cuprinde decît o inductanță pură sau o capacitate pură, defazajul atinge un sfert de perioadă. Acest caz este reprezentat grafic în fig. 16 și 17, care merită să rețină un timp mai îndelungat atenția cititorului.

În realitate, inductanța și capacitatea nu există în stare „pură", fiind obligatoriu ca circuitul să conțină și o anumită rezistență ohmică. Astfel, defazajul nu atinge niciodată valoarea maximă de un sfert de perioadă.

LEGAREA IMPEDANȚELOR

Bineînțeles că un examen atent descoperă în orice circuit prezența a trei feluri de IMPEDANȚE, și anume: reactanța inductivă și capacitivă și rezistența ohmică. Să nu uităm, în adevăr, că chiar un conductor liniar posedă o anumită inductivitate și între diferitele sale puncte pot fi constatate efecte capacitive. Totuși, în practică nu se ține seama decît de valorile predominante; astfel, într-o bobină care la un curent de frecvență dată are o reactanță de 10 000 ohmi, se neglijează cei 10 ohmi ai rezistenței sale ohmice. (Dar dacă bobina aceasta este supusă unei tensiuni *continue*, *numai* cei 10 ohmi vor fi luați în considerare, pentru că inductivitatea nu se manifestă decît la tensiuni variabile.)

Impedanțele se pot lega într-un circuit în diverse feluri, mai mult sau mai puțin complexe. Se spune că ele sînt legate ÎN SERIE dacă curentul le parcurge succesiv, sau sînt legate în PARALEL (sau în DERIVAȚIE sau în ȘUNT) dacă curentul, bifurcîndu-se, le parcurge simultan.

Cînd impedanțele sînt dispuse *în serie*, efectele acestor obstacole succesive se adună. Astfel, *mai multe rezistențe în serie sînt echivalente cu o rezistență egală cu suma lor*. Inductanțele și capacitățile în serie se adună de asemenea, dar nu în felul elementar, cum își închipuie Ignotus. Gîndind la efectele contrare pe care inductivitatea și capacitatea le exercită asupra curentului, vom înțelege fără greutate că ele trebuie să se neutralizeze într-o oarecare măsură. Astfel, impedanța unui circuit format dintr-o inductanță și o capacitate în serie va fi mai mică decît reactanțele inductivă și capacitivă

luate separat. Adunarea pur şi simplu a impedanţelor în serie nu este valabilă decît dacă circuitul este format *numai* din rezistenţe ohmice, *numai* din capacităţi sau *numai* din inductanţe. Mai este necesar, în acest din urmă caz, ca să nu existe inducţie mutuală între diferitele bobine.

IMPEDANŢE ÎN SERIE

Pentru că reactanţele inductive în serie se adună, trebuie să tragem concluzia că inductanţele trebuie să se adune şi ele, deoarece nu trebuie să uităm că reactanţele sînt proporţionale cu inductanţele. Cu alte cuvinte, *mai multe bobine aşezate în serie sînt echivalente, ca efecte electrice, cu o singură bobină a cărei inductanţă este egală cu suma inductanţelor lor.*

Se va petrece acelaşi lucru cu condensatoarele? Se constată că nu, căci reactanţele capacitive sînt invers proporţionale cu capacităţile. Pentru că reactanţele mai multor condensatoare în serie se adună, *trebuie adunate inversele capacităţilor, pentru a da inversul capacităţii echivalente.* Dacă notăm cu C_1, C_2, C_3, ... capacităţile condensatoarelor aşezate în serie, capacitatea C a condensatorului unic care le poate înlocui pe toate va fi deci determinat de expresia:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

În cazul particular, cînd este vorba numai de două condensatoare C_1 şi C_2,

$$C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}.$$

Trebuie notat că capacitatea echivalentă este totdeauna inferioară celei mai mici dintre capacităţile componente. Aceasta era de altfel de prevăzut, pentru că este condiţia creşterii reactanţei rezultante prin punerea în serie a mai multor condensatoare.

IMPEDANŢE ÎN PARALEL

Să studiem acum comportarea impedanţelor legate *în paralel.* Aşezate astfel, ele oferă curentului mai multe căi, în loc de o cale unică, şi uşurează prin aceasta trecerea lui. Spre deosebire de ceea ce se petrece în cazul legării în serie, nu rezistenţele, ci CONDUCTIBILITĂŢILE lor sînt cele care se adună. *Conductibilitatea* — este uşor de dedus — este *inversul rezistenţei* (adică $1/R$). Astfel, cînd mai multe rezistenţe ohmice R_1, R_2, R_3,... sînt legate în paralel, rezistenţa R echivalentă acestui ansamblu va fi uşor determinată prin suma conductibilităţilor cu care trebuie să fie egală propria sa conductibilitate:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

În cazul particular a două rezistenţe R_1 şi R_2, rezistenţa echivalentă este:

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}.$$

Dacă legăm în paralel două rezistenţe de valoare egală, rezistenţa echivalentă este egală cu jumătatea acestei valori. Un raţionament asemănător ne va permite să obţinem rezultate identice pentru inductanţe legate în paralel (dar necuplate prin inducţie).

Vom găsi, de asemenea, că în cazul condensatoarelor legate în paralel, inversul reactanţei echivalente este egal cu suma inverselor reactanţelor componente. Cît priveşte capacităţile, ar fi imprudent să le facem să sufere acelaşi tratament matematic. Încă în cazul legării în serie am văzut că capacităţile se disting prin caracterul lor bizar. Cauza comportării lor aparte rezidă în faptul că reactanţa capacitivă este invers proporţională cu capacitatea. Astfel putem, fără greutate, să tragem concluzia că dacă ceea ce trebuie să adunăm sînt inversele reactanţelor, atunci *valorile pe care noi le totalizăm,*

pentru a calcula capacitatea echivalentă a mai multor capacități legate în paralel, sînt chiar valorile capacităților.

S-ar putea ca toate aceste noțiuni de rezistență, inductanță și capacitate, pe de o parte, și impedanțele lor respective pe de altă parte, legate cînd în serie, cînd în paralel, să creeze oarecare confuzie în mintea cititorului. Aceasta ar fi scuzabil. Dar Curiosus va veghea pentru a repune totul în ordine începînd de la convorbirea următoare, căreia prezenta expunere i-a pregătit pe deplin o înțelegere mai ușoară.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 5-a

REZONANȚA ELECTRICĂ

Luînd-o înaintea explicațiilor lui Curiosus, noi am expus în comentarii noțiunea de defazaj și am arătat că, trecînd printr-o bobină, curentul este în întîrziere față de tensiune, în timp ce atunci cînd trece printr-un condensator este în avans.

De asemenea, accentuînd asupra faptului că inductanța și capacitatea au proprietăți opuse, am spus că dacă sînt legate în serie, reactanțele capacitivă și inductivă se neutralizează mai mult sau mai puțin.

Să examinăm mai de aproape impedanța unui astfel de ansamblu (fig. 18), unde la bornele unei surse de tensiune alternativă sînt legate în serie o bobină și un condensator. Să admitem, în plus, că noi putem schimba după voie frecvența tensiunii alternative.

Dacă pentru o frecvență dată, reactanța inductivă este inferioară celei capacitive, efectul capacității va fi cel care va domina. Curentul va fi în avans față de tensiune și impedanța ansamblului va fi egală cu reactanța capacitivă minus cea inductivă (neglijînd rezistența ohmică).

Acum, să mărim progresiv frecvența. Ce se va întîmpla? Mărirea frecvenței va avea ca efect mărirea reactanței inductive și micșorarea celei capacitive. Va veni deci un moment cînd, *pentru o anumită frecvență, cele două reactanțe vor fi egale.* Aceste două valori egale, scăzîndu-se una din alta, vor face ca *impedanța ansamblului să fie nulă. Defazajul*, de asemenea, *va fi nul*, adică curentul va fi în fază cu tensiunea. Astfel, datorită faptului că impedanța circuitului va fi nulă, intensitatea curentului va deveni, cel puțin în mod teoretic, infinit de mare. În realitate, circuitul posedă totdeauna o anumită rezistență ohmică, astfel că impedanța nu poate deveni nulă și deci intensitatea va fi limitată.

Dacă continuăm să mărim frecvența, reactanța inductivă va deveni superioară celei capacitive, curentul va fi în întîrziere față de tensiune, iar impedanța va crește din nou.

Vedem, deci, că *există o singură frecvență pentru care impedanța devine, dacă nu nulă, cel puțin minimă și curentul maxim. Aceasta este frecvența de rezonanță.* Se mai spune că pentru această frecvență curentul este în rezonanță cu circuitul.

DESCĂRCARE OSCILANTĂ

Același fenomen al rezonanței se poate observa, de asemenea, legînd o bobină la bornele unui condensator încărcat (fig. 19). În timp ce într-o rezistență ohmică condensatorul se *descarcă*, astfel încît curentul slăbește și se anulează după un timp foarte scurt, aici observăm o „descărcare oscilantă". Inductanța, ne-o amintim, se opune la micșorarea unui curent, prelungindu-l într-un anumit fel printr-un curent de inducție proprie de același sens. Acest curent reîncarcă condensatorul inversînd polaritatea armăturilor. Condensatorul se descarcă din nou (curentul mergînd atunci în sens contrar), se

reîncarcă sub efectul inductanței și așa mai departe. Un curent alternativ circulă prin circuitul nostru fără nici un aport exterior de energie și nu ar exista nici un motiv ca această mișcare să se oprească... dacă circuitul nostru nu ar avea o rezistență ohmică în care se pierde (se disipă), adică se transformă în căldură puțin cîte puțin din energia inițială care era conținută în condensator.

Din cauza acestei pierderi progresive de energie, fiecare oscilație este mai slabă ca cea precedentă și, în sfîrșit, întreaga energie fiind disipată, oscilațiile se opresc. Așa este alura „OSCILAȚIILOR AMORTIZATE" (fig. 21, *a*), folosite odinioară în radiotelegrafie, cînd fiecare descărcare oscilantă era provocată de izbucnirea unei scîntei. Acestei metode primitive de utilizare a undelor amortizate i s-a substituit mai tîrziu întrebuințarea UNDELOR ÎNTREȚINUTE (fig. 21, *b*). Curentul care le generează este un curent alternativ ce ia naștere într-un CIRCUIT OSCILANT cum se numește circuitul format dintr-un condensator legat la bornele unei bobine. Pentru a evita slăbirea progresivă a oscilațiilor, așa cum se întîmplă la oscilațiile amortizate, este de ajuns de a compensa pierderile de energie aducînd din exterior în circuitul oscilant doze de energie necesare și suficiente pentru a menține constantă amplitudinea oscilațiilor.

Acest aport, această „reaprovizionare", trebuie să se efectueze cu aceeași cadență ca și oscilațiile proprii ale circuitului, care, bineînțeles, au loc la frecvența de rezonanță (pentru care impedanța este cea mai mică).

Dacă impulsurile exterioare sînt injectate în circuitul oscilant cu o frecvență diferită de frecvența sa de rezonanță, departe de a le menține constante, ele vor combate oscilațiile, și nu vom obține pînă la urmă decît un curent foarte slab (oscilații forțate).

IMPEDANȚA UNUI CIRCUIT OSCILANT

Sursa de tensiune alternativă avînd ca funcție reaprovizionarea cu energie a circuitului oscilant, poate comunica cu aceasta fie prin inducție (fig 22, *a*), fie direct (fig 22, *b*). Dacă circuitul oscilant risipește puțină energie (rezistența ohmică și alte pierderi de energie fiind reduse) se spune că este puțin AMORTIZAT. În acest caz, energia pe care o va împrumuta de la sursa de tensiune alternativă va fi de asemenea slabă (pentru că ea este egală cu energia pierdută pe care trebuie să o compenseze). Astfel, *cu cît circuitul oscilant este mai puțin amortizat, cu atît el împrumută mai puțină energie de la circuitul exterior care-l alimentează.* Ne aflăm în fața unei situații cvasi-paradoxală. Cînd în interiorul circuitului oscilant curentul atinge o intensitate mare (cu atît mai mare, cu cît circuitul este mai puțin amortizat), în circuitul exterior (cu linii subțiri în fig. 22, *b*) curentul este slab (și cu atît mai slab, cu cît circuitul este mai puțin amortizat) sau — și aceasta este un alt aspect a aceluiași fenomen — *impedanța circuitului oscilant este foarte mică pentru curentul care circulă în el, în timp ce curentului exterior îi opune o impedanță mare.* Evident, toate acestea se petrec *la frecvența de rezonanță.* Dacă Curiosus voia să-l facă pe Ignotus să înțeleagă mai bine lucrurile, ar fi căutat o comparație mai potrivită... la bucătărie, asemănînd circuitul oscilant cu o cratiță cu apă pusă la fiert. Dacă cratița pierde puțină căldură în aerul înconjurător, temperatura de fierbere poate să fie menținută cu o flacără slabă (cazul circuitului cu pierderi mici, unde oscilațiile sînt întreținute de un mic aport de energie). Dar, dacă cratița pierde multă căldură, de exemplu din cauză că are suprafața de răcire mare, pentru menținerea fierberii va fi necesară o flacără mare. Este cazul circuitului oscilant puternic amortizat.

REZONANȚA SERIE ȘI PARALEL

Să rezumăm noțiunile pe care le-am căpătat despre rezonanță. În cazul din fig. 18 avem de-a face cu un condensator și o bobină legată în serie cu o sursă de tensiune. Pentru frecvența de rezonanță acest circuit prezintă cea mai mică impedanță și intensitatea atinge maximul.

În cazul din fig. 22, *b*, condensatorul și bobina sînt legate ÎN PARALEL, cu surse de tensiune alternativă. În acest caz, circuitul *opune sursei* impedanța maximă și permite trecerea unui curent foarte slab, dar acest curent slab este suficient pentru a întreține în circuit un curent de mare intensitate.

Examinînd cel de al doilea caz, se înțelege că tensiunile de altă frecvență decît cea de rezonanță nu vor mai avea această proprietate. OSCILAȚIILE FORȚATE pe care ele le vor da naștere în circuit vor fi slabe și impedanța pe care le-o va opune circuitul oscilant va fi de asemenea slabă.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 6-a

FORMULA LUI THOMSON

Perioada proprie sau perioada de rezonanță a unui circuit crește o dată cu creșterea inductanței proprii sau a capacității. Acest lucru este perfect logic, căci tot ce am învățat cu privire la aceste două mărimi arată că creșterea lor nu poate decît să încetinească oscilațiile. Mai mult, puținele formule pe care le-am stabilit ne permit să deducem formula rezonanței fără să ne lansăm în acrobații periculoase. După cum am văzut, rezonanța are loc atunci cînd reactanța inductivă devine egală cu cea capacitivă pentru o anumită frecvență. Să încercăm să determinăm această frecvență stabilind egalitatea enunțată. Reactanța inductivă, după cum s-a mai arătat, este egală cu $6{,}28\ fL$, unde f este frecvența (în perioade pe secundă) și L inductanța (în henry).

De asemenea, reactanța capacitivă este egală cu $\frac{1}{6{,}28\ fC}$, în care C este capacitatea (în farazi).

Egalitatea noastră va fi deci exprimată după cum urmează:

$$6{,}28\ fL = \frac{1}{6{,}28\ fC}.$$

Am văzut ce se numește o ecuație. Nu va fi prea greu să determinăm cu cine este egal f, frecvența pe care o căutăm. În acest scop vom înmulți cei doi termeni (valorile egale legate prin semnul egal) prin f și vom împărți apoi prin $6{,}28\ L$. Obținem:

$$f^2 = \frac{1}{6{,}28^2\ LC}.$$

În sfîrșit, extragem rădăcina pătrată a celor doi termeni:

$$f = \frac{1}{6{,}28\sqrt{LC}}.$$

Perioada T fiind inversul frecvenței, mai putem scrie:

$$T = 6{,}28\sqrt{LC}.$$

Iată FORMULA LUI THOMSON stabilită după toate legile matematicii... sau aproape, căci am neglijat rezistența ohmică, care totuși intervine, mai ales dacă are o valoare relativ importantă. În circuitele utilizate în radio se caută însă reducerea la minimum a rezistenței ohmice Astfel, formula stabilită mai sus rămîne perfect valabilă.

Ea ne arată, între altele, că dacă mărim capacitatea (sau inductanța de 4, 9, 16 sau 25 ori, perioada nu va crește decît, respectiv, de 2, 3, 4 sau 5 ori (și frecvența se va micșora tot de atîtea ori).

SELECTIVITATEA

Fenomentul de rezonanţă oferă, în radio, preţioasa posibilitate de A SELECŢIONA dintre numeroasele emisii pe frecvenţe diferite aceea pe care dorim s-o recepţionăm. Datorită SELECTIVITĂŢII lor, receptoarele nu reproduc simultan toate emisiunile ale căror unde agită eterul, generînd curenţi de ÎNALTĂ FRECVENŢĂ în antena de recepţie.

Un număr mai mic sau mai mare de circuite oscilante (un receptor de unde obişnuit are cinci) dispuse în punctele potrivite ale circuitelor electrice ale unui receptor nu lasă să treacă decît frecvenţa caracteristică a unui emiţător excluzîndu-le pe toate celelalte.

De asemenea, un circuit oscilant plasat în antenă va lăsa să treacă cu uşurinţă spre pămînt toţi curenţii de frecvenţă diferită, în afara celui de frecvenţă de rezonanţă. Opunînd acestuia o impedanţă ridicată, la bornele circuitului va apare o tensiune ridicată, care va fi transmisă în continuare circuitelor de utilizare ale receptorului.

De asemenea, dacă circuitul oscilant este cuplat cu antena prin inducţie, ca în fig. 23, numai curenţii frecvenţei de rezonanţă vor produce un curent important în circuitul oscilant şi vor face să apară un curent alternativ la bornele *A* şi *B*.

ACORDUL CIRCUITELOR

Pentru a putea alege emisiunea, trebuie să putem varia frecvenţele de rezonanţă ale circuitelor oscilante sau, cum se mai spune, să le ACORDĂM pe diferite frecvenţe (se spune chiar CIRCUIT DE ACORD pentru a denumi un circuit oscilant acordat pe frecvenţa emiţătorului). Acordul circuitelor se efectuează variind valoarea uneia din componente: inductanţa sau capacitatea. Pentru a putea parcurge întreaga „gamă" a diferitelor frecvenţe fără nici o întrerupere, adică pentru a schimba progresiv acordul pe un anumit domeniu de frecvenţă, este mai comod de a varia capacitatea; aceasta se realizează cu ajutorul CONDENSATOARELOR VARIABILE, alcătuite dintr-o armătură fixă şi una mobilă. Fiecare armătură se compune din mai multe lamele, lamelele mobile fiind intercalate între cele fixe, toate fiind montate pe acelaşi ax. Rotaţia axului face ca lamelele mobile să iasă mult mai puţin dintre lamelele fixe, ceea ce are drept efect micşorarea mai mare sau mai mică a suprafeţelor faţă în faţă ale armăturilor şi, prin urmare, chiar a capacităţii condensatorului. Pentru a putea efectua cu precizie acordul, mişcarea butonului de manevră este demultiplicată cu ajutorul unui mecanism potrivit numit DEMULTIPLICATOR (de exemplu, un sistem de angrenaje), astfel ca să fie necesare mai multe rotaţii ale butonului pentru o rotaţie a armăturii mobile. Axul condensatorului variabil comandă în acelaşi timp mişcarea unui ac care se deplasează în faţa unui scale etalonată în frecvenţe (sau în lungimi de undă) şi conţinînd indicarea poziţiei de acord corespunzătoare principalelor staţii de radiodifuziune.

Condensatoarele variabile cele mai uzuale sînt de aproximativ 0,5 nF sau de capacităţi mai mici. În poziţia extremă, în care armăturile mobile ies dintre lamelele fixe, rămîne totuşi o anumită capacitate între armături, numită CAPACITATE REZIDUALĂ. După felul construcţiei, ea variază între 10 şi 25 pF. Vom vedea mai departe că pentru acord ne folosim de asemenea de variaţia inductanţei; aceasta nu este variată progresiv ca în cazul capacităţii, ci în salturi, şi variaţiile sale servesc la trecerea de la o gamă de unde la alta.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 7-a

TUBURI ELECTRONICE

Pînă acum tinerii noştri prieteni au evoluat cu uşurinţă în domeniul electricităţii generale. Trebuie să recunoaştem că printre diversele legi ale electricităţii, Curiosus a efectuat o selecţionare savantă, pentru a nu încărca creierul lui Ignotus cu noţiuni care nu-i vor fi de folos imediat în studiul radioului.

Abordînd studiul tuburilor electronice, ei au intrat din plin în domeniul propriu-zis al radioului, căci toată tehnica comunicaţiilor fără fir este actualmente bazată pe întrebuinţarea acestor tuburi. În schimb, aplicaţiile lor sînt departe de a se mărgini numai la radio; le regăsim azi în toate sectoarele ştiinţei şi tehnicii şi cîmpul lor de aplicaţii se măreşte zi de zi. De altfel, prin termenul ELECTRONICĂ se înţelege întregul ansamblu al aplicaţiilor lor.

Din ce se compune deci un TUB ELECTRONIC?

Pe dinafară este un balon fixat pe un soclu (culot) izolant, înzestrat cu mai multe contacte în formă de fişe sau de pinteni, mai rar de borne. Balonul este din sticlă sau oţel (tuburi metalice). Calitatea sa esenţială este de a fi perfect etanş, căci în interior se face un vid cît mai avansat posibil. Acest vid este absolut indispensabil pentru a permite o trecere uşoară a electronilor în interiorul balonului. În aer, electronii se ciocnesc continuu de moleculele aerului şi li se încetineşte mersul. Ceea ce este însă mult mai grav, moleculele aerului ies din aceste ciocniri încărcate electric (se spune „ionizate") şi tulbură astfel funcţionarea normală a tubului.

În interiorul balonului găsim un sistem de ELECTROZI mai mult sau mai puţin complex. În orice caz, sînt necesari cel puţin doi electrozi pentru a da naştere circuitului electronic: CATODUL şi ANODUL.

CATODUL ŞI ÎNCĂLZIREA SA

Funcţiunea catodului este de a emite electroni în spaţiu. Această EMISIUNE ELECTRONICĂ se obţine aducînd un corp la o temperatură înaltă. Nu toate corpurile au în egală măsură această putere emisivă; unele se pretează la aceasta mai bine decît altele, cum este cazul mai ales cu oxizii de bariu sau de stronţiu. ÎNCĂLZIREA catodului se face cu ajutorul unui curent electric continuu sau alternativ, care trece printr-un fir numit FILAMENT, asemănător cu filamentul lămpilor de iluminat. Catodul format dintr-un amestec de oxizi care acoperă un cilindru de nichel este străbătut de filament. Izolamentul între catod şi filament este asigurat printr-un strat de material izolant şi refractar (în vechile tipuri de tuburi, un cilindru de porţelan).

În linii mari, aceasta este structura relativ complicată a catodului cu ÎNCĂLZIRE INDIRECTĂ. Dar funcţiunile filamentului de încălzire şi ale emiţătorului de electroni (catodul propriu-zis) pot fi preluate de filament, pregătit în mod corespunzător pentru a cuprinde în compoziţia sa şi materialul emisiv. Avem de-a face în acest caz cu tuburile cu ÎNCĂLZIRE DIRECTĂ. Înainte de 1930 toate tuburile aparţineau acestei categorii.

Trebuie să insistăm asupra rolului cu totul auxiliar al curentului de încălzire care are numai rolul de a dezvolta căldura necesară catodului pentru a-l face să emită electronii. Nu numai că putem folosi alte surse de căldură (încălzire cu gaz etc.), dar putem folosi chiar catozi fără încălzire. Astfel, în celulele fotoelectrice folosite în mod

curent în televiziune, catodul este alcătuit dintr-un strat de metal alcalin care emite electroni atunci cînd este lovit de razele luminoase. S-ar putea, de altfel, ca studiul corpurilor radioactive să ne furnizeze un catod cu emisie puternică care să nu necesite încălzire.

DIODA

Efectul emisiunii electronice descoperit de EDISON nu ar fi avut o atît de mare importanță practică dacă, în 1904, FLEMING nu ar fi avut ideea de a așeza în apropierea catodului un al doilea electrod, ANODUL sau PLACA, pozitivă în raport cu catodul. Electronii emiși de catod sînt astfel atrași de anod. Dacă o sursă de curent continuu menține anodul pozitiv față de catod, se stabilește un curent, numit CURENT ANODIC sau CURENT DE PLACĂ. Plecînd de la catod, electronii trec prin spațiul vidat al tubului și ajung la anod; apoi, prin circuitul exterior, care cuprinde și sursa de tensiune, electronii revin la catod (fig. 26). Pentru prima dată, acest tub (numit *diodă*) ne permite să „vedem" curentul electric în stare „pură"; noi constatăm că *electronii merg de la negativ la pozitiv*, contrar sensului convențional adoptat odinioară pentru curentul electric.

Observați că în diodă curentul nu poate merge decît într-un singur sens: *de la catod la anod*. Dacă facem anodul negativ față de catod, totul se oprește deoarece electronii vor fi respinși de anod și acesta fiind rece nu emite electroni care să poată fi atrași de catod. Dioda noastră este deci o adevărată SUPAPĂ. Se înțelege foarte bine că o tensiune alternativă aplicată între cei doi electrozi ai săi va da naștere unui curent unidirecțional, care circulînd în semiperioada care face anodul pozitiv se va opri în cealaltă semiperioadă. Această aptitudine a diodei de a „redresa" curentul alternativ este folosită, după cum vom vedea mai departe, pentru detecție și pentru alimentarea receptoarelor în curent alternativ de la rețea.

Ca și în orice rezistență, intensitatea curentului anodic al diodei depinde de tensiunea aplicată între anod și catod (TENSIUNEA ANODICĂ), supunîndu-se aproximativ legii lui Ohm. Curentul crește proporțional cu creșterea tensiunii, dar numai pînă la o anumită valoare; o creștere ulterioară a tensiunii nu mai este urmată de o creștere a curentului, datorită faptului că *totalitatea* electronilor emiși de catod sînt cuprinși în curentul anodic. Se spune că avem de-a face cu CURENTUL DE SATURAȚIE. De fapt, numai catozii cu încălzire directă prezintă fenomenul de saturație așa cum a fost descris.

TRIODA

Doi ani după inventarea diodei, LEE DE FOREST a avut ideea de a așeza între catod și anod un al treilea electrod, GRILA. Aceasta, alcătuită dintr-un grilaj sau o spirală cilindrică, înconjură catodul. În tubul cu trei electrozi sau TRIODĂ, grila este deci așezată în drumul electronilor, ceea ce permite reglarea debitului lor. Într-adevăr, intensitatea curentului anodic nu mai depinde numai de tensiunea anodică, ci de asemenea și de potențialul grilei în raport cu al catodului.

Cu cît grila este mai negativă, cu atît ea frînează mai mult trecerea electronilor, cu atît mai mult îi respinge spre catod, cu atît mai puțini sînt electronii care, atrași de anod, ajung să-și croiască drum spre el. Dacă grila este foarte negativă, cu toată atracția anodului, ea nu lasă să treacă nici un electron: curentul este nul. Făcînd grila din ce în ce mai puțin negativă, observăm că apare un curent care crește o dată cu creșterea potențialului grilei (căci un potențial crește atunci cînd devine mai puțin negativ).

Trebuie observat că influența exercitată de grilă asupra curentului anodic este mult mai puternică decît cea exercitată de placă. *O mică variație a potențialului grilei este suficientă pentru a determina o puternică variație a curentului de placă.*

Dacă lăsăm grila la un potențial constant și dorim să provocăm aceeași variație a curentului modificînd tensiunea de placă, trebuie să modificăm potențialul acesteia cu mult mai mult. Aceasta se explică de altfel cu ușurință prin faptul că grila este așezată mai aproape de catod decît placa. Pe acest fenomen se bazează puterea de amplificare a tubului.

PANTA

Variația pe care schimbarea potențialului de grilă o imprimă curentului de placă se numește PANTA *tubului.* Ea se exprimă în miliamperi pe volt (mA/V). Panta arată, prin urmare, cu cîți miliamperi crește sau scade curentul de placă, atunci cînd potențialul grilei crește sau scade cu un volt.

Tuburile curente au o pantă care merge de la 1 la 15 mA/V.

Dacă notăm cu di_a variația curentului anodic și cu du_g variația potențialului grilei, panta S va avea ca expresie

$$S = \frac{di_a}{du_g}.$$

FACTORUL DE AMPLIFICARE

Am spus mai sus că pentru a provoca *aceeași variație a curentului de placă* trebuie să schimbăm tensiunea plăcii mai mult decît tensiunea grilei. Raportul acestor două tensiuni poartă numele de FACTOR DE AMPLIFICARE. Dacă, de exemplu, pentru a mări curentul cu un miliamper se poate proceda fie mărind cu 28 V tensiunea anodică, fie mărind cu 2 V tensiunea grilei, factorul de amplificare este egal cu $28 : 2 = 14$.

Coeficientul de amplificare al triodei depășește rareori 100, dar în tuburile cu mai mulți electrozi el atinge adesea valori de cîteva mii.

Notînd cu du_a variația tensiunii de placă, coeficientul de amplificare μ va fi egal cu:

$$\mu = \frac{du_a}{du_g}.$$

REZISTENȚA INTERNĂ

Există în sfîrșit o a treia caracteristică pe care Curiosus a trecut-o sub tăcere, dar pe care nu strică s-o cunoaștem: REZISTENȚA INTERNĂ a tubului. Să ne amintim de legea lui Ohm, după care rezistența se exprimă prin raportul dintre tensiune și intensitate. Astfel, nu vom fi de loc mirați constatînd că *rezistența unui tub este definită ca raportul dintre variația tensiunii anodice și variația pe care aceasta o produce în intensitatea curentului anodic.* Notînd rezistența internă cu R_i avem:

$$R_i = \frac{du_a}{di_a}.$$

Rezistența internă se exprimă în ohmi. Pentru triode valoarea sa variază între cîteva mii și cîteva zeci de mii de ohmi. Pentru tuburile cu mai mult de trei electrozi, ea este de ordinul sutelor de mii de ohmi.

RELAȚII ÎNTRE S, μ ȘI R_i

Trebuie să notăm că panta și rezistența internă a unui tub dat pot varia în anumite limite după potențialul grilei; din contra, coeficientul de amplificare rămîne practic independent de tensiunea electrozilor, căci el este determinat de așezarea și de dimensiunile lor.

N-am dat expresiile matematice ale lui μ, S și R_i din plăcerea de a aduna

formule. De fapt ele ne permit stabilirea relației foarte simple care leagă aceste trei mărimi.

Să înmulțim pe S cu R_i:

$$S \times R_i = \frac{di_a}{du_g} \times \frac{du_a}{di_a} = \frac{du_a}{du_g} = \mu.$$

Vedem deci că *coeficientul de amplificare este egal cu produsul dintre pantă și rezistența internă*. Dacă panta este exprimată în mA/V, trebuie să exprimăm rezistența în *mii* de ohmi, în caz contrar obținînd rezultate absurde.

Datorită relației stabilite, este de ajuns să cunoaștem două dintre mărimi pentru a o putea calcula pe a treia. Astfel, de exemplu, dacă panta unui tub este de 3 mA/V și rezistența internă de 80 000 Ω, calculăm fără greutate coeficientul de amplificare:

$$\mu = 3 \times 80 = 240.$$

COMENTARII LA CONVORBIREA a 8-a

CURBA CARACTERISTICĂ

După cum am văzut, curentul de placă al unei triode depinde în același timp — dar nu în aceeași măsură — și de tensiunea de grilă, și de tensiunea de placă, prima avînd o influență mult mai mare decît a doua.

Variația curentului de placă poate fi reprezentată grafic fie după valorile pe care le ia numai tensiunea de grilă u_g, fie după cele pe care le ia tensiunea de placă u_a. Astfel, pentru a trasa curba lui i_a în funcție de u_g, menținem tensiunea de placă u_a la o valoare constantă și dînd lui u_g un șir de valori diferite (în ordine crescătoare sau descrescătoare), notăm valorile corespunzătoare ale curentului anodic i_a.

Apoi, pe o hîrtie cadrilată trasăm două axe perpendiculare: axa orizontală, pe care vom nota tensiunile de grilă, și axa verticală, pe care vom nota valorile curentului de placă. Considerăm punctul de intersecție al celor două axe ca punct zero și însemnăm valorile negative ale tensiunii de grilă la stînga și valorile pozitive la dreapta acestui punct.

La fiecare pereche de valori corespunzătoare lui u_g și i_a va corespunde un punct la intersecția perpendicularelor duse din aceste puncte pe cele două axe. De exemplu, dacă pentru — 1 V tensiune de grilă, curentul anodic este de 4 mA, obținem punctul corespunzător după cum urmează: pe axa orizontală ridicăm o perpendiculară în punctul — 1 V, iar pe axa verticală ducem o perpendiculară în punctul 4 mA (prima perpendiculară va fi deci verticală, a doua va fi orizontală) și punctul lor de intersecție determină în același timp cele două valori corespunzătoare. După ce am trasat în acest fel mai multe puncte, le reunim printr-o curbă, care este CARACTERISTICA CURENTULUI DE PLACĂ ÎN FUNCȚIE DE TENSIUNEA DE GRILĂ. Pe măsură ce grila devine mai puțin negativă, curentul crește, la început foarte încet, apoi, după cotul inferior al curbei, mai repede; aici curba are o porțiune dreaptă, ceea ce arată că în acest interval creșterea curentului de placă este proporțională cu tensiunea de grilă. Mai departe, curba se încovoaie din nou, mai ales dacă este vorba de un tub cu încălzire directă supus fenomenului de saturație.

ALTE CURBE

La fel cum s-a arătat anterior, se poate ridica o a doua curbă, fixînd tensiunea de placă la o valoare mai ridicată. În acest caz, curentul va fi mai puternic și curba se va situa la stînga celei dintîi.

Pentru a caracteriza bine un tub este folositor de a ridica o rețea (sau o

„familie") de astfel de curbe (fig. 32), fiecare corespunzînd unei tensiuni de placă date.

Trebuie reţinut faptul că se poate trasa un alt sistem de curbe dacă pornim de la un punct de vedere diferit. Astfel, păstrînd fixă valoarea tensiunii de grilă se poate varia tensiunea

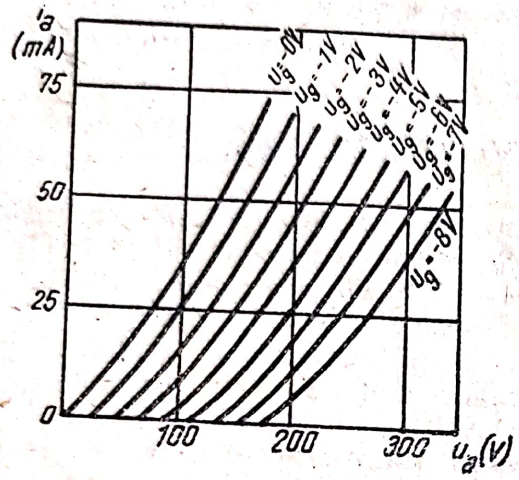


Fig. II. Curba care arată variaţia curentului de placă al unei triode, în funcţie de variaţiile tensiunii de placă. Fiecare curbă este ridicată pentru tensiunea de grilă indicată pe figură.

anodică, însemnînd valorile corespunzătoare ale curentului de placă. Punînd pe axa orizontală valorile lui u_a şi pe axa verticală valorile lui i_a, vom ob-

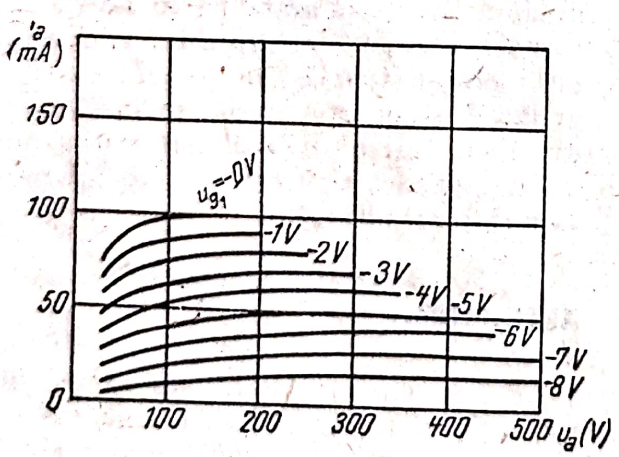


Fig. III. Aceleaşi curbe ridicate pentru o pentodă.

ţine CARACTERISTICA CURENTULUI DE PLACĂ ÎN FUNCŢIE DE TENSIUNEA DE PLACĂ (fig. II şi III).

Şi aici putem trasa o reţea de curbe, fiecare corespunzînd unei tensiuni de grilă date. De asemenea, printr-o operaţie relativ simplă, dar pe care n-o indicăm aici, se poate trece de la un sistem de curbe la altul.

Caracteristicile unui tub informează pe radiotehnician despre proprietăţile tubului, despre modul cel mai bun de a-l utiliza, despre modul cum se va comporta tubul în diferite montaje. Să arătăm, ca exemplu, cum studiul lor ne permite să determinăm panta, coeficientul de amplificare şi rezistenţa internă.

DETERMINAREA GRAFICĂ A LUI S, μ ŞI R_i

Panta, după cum s-a spus, ne arată de cîte ori variază curentul de placă, dacă variem cu 1 V tensiunea de grilă. Pe familia de caracteristici din fig. IV să luăm o curbă, de exemplu aceea care corespunde lui $u_a = 160$ V. Vedem că, pentru o tensiune de grilă de — 3 V, punctul A dă o intensitate de 3 mA; pentru —2 V, punctul B dă 6 mA. Deci, mărind cu 1 V tensiunea de grilă, am mărit cu 3 mA curentul de placă. Panta este deci de 3 mA/V.

Se va observa că panta este în general egală cu raportul dintre BC şi AC. Cu cît o curbă are o... pantă mai abruptă, cu atît panta este mai mare. Se înţelege astfel de ce radiotehnicienii au adoptat cuvîntul „pantă". Trebuie reţinut că în timp ce panta rămîne aceeaşi pe întreaga porţiune rectilinie a caracteristicii, ea scade în regiunea cotului (astfel, ea este mai mică în punctul D).

Să trecem la *determinarea coeficientului de amplificare*, exprimat ca raportul dintre variaţiile tensiunilor de placă şi de grilă, care dau naştere la aceeaşi variaţie a curentului de placă. Să reunim printr-o linie orizontală două puncte P şi Q de pe două curbe vecine Aceste două puncte corespund aceluiaşi

curent de placă. Ce se întîmplă cînd se trece de la Q la P? În primul rînd se mărește tensiunea de grilă cu 1,5 V (pentru că ea trece de la —3 la —1,5 V);

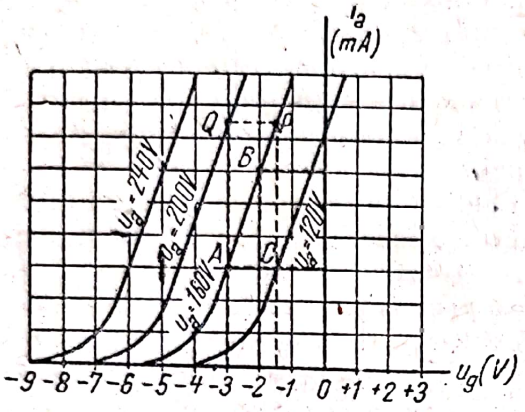


Fig. IV. Curbele variației curentului de placă în funcție de tensiunea de grilă permit de a determina panta, coeficientul de amplificare și rezistența internă a unui tub.

aceasta trebuie să provoace o creștere a curentului de placă. Totuși, acesta rămîne neschimbat, căci efectul variației tensiunii de grilă este neutralizat de micșorarea tensiunii de placă. Aceasta se reduce cu 40 V, căci de la curba $u_a = 200$ V trecem la curba $u_a = 160$ V. Astfel, variația de 40 V a tensiunii de placă produce asupra curentului de placă același efect ca și variația de 1,5 V a tensiunii de grilă. Coeficientul de amplificare, adică raportul acestor două tensiuni, este deci egal cu:

$$40 : 1{,}5 = 26{,}7.$$

Însfîrșit, vom căuta să extragem din caracteristici valoarea *rezistenței interne*. După cum am mai spus, acesta este raportul dintre variația tensiunii anodice și variația curentului anodic corespunzător; se presupune că tensiunea de grilă rămîne constantă.

Pe graficul nostru, toate fenomenele care se produc fără variația tensiunii de grilă se situează pe o verticală. Astfel, admițînd că grila ar fi la — 3 V, aceasta va fi verticala care trece prin punctul — 3 V al axei orizontale. Dacă tensiunea anodică trece de la 160 V (punctul A) la 200 V (punctul Q), avem o variație de tensiune de 40 V. Ea provoacă o creștere a curentului, care de la 3 mA (în punctul A) trece la 7,5 mA (în punctul Q), adică o variație de 4,5 mA sau 0,0045 A. Rezistența internă este deci egală cu:

$$40 : 0{,}0045 = 8\,900\ \Omega \text{ (aproximativ)}.$$

Putem verifica dacă relația $\mu = S \times R_i$ se adeverește. Într-adevăr, considerînd $R_i = 8{,}9$ mii de ohmi, avem:

$$S \times R_i = 3 \times 8{,}9 = 26{,}7.$$

Noi am găsit $\mu = 26{,}7$, ceea ce arată că în domeniul radioului domnește ordinea...

INTRAREA ȘI IEȘIREA UNUI TUB

Pentru a folosi puterea de amplificare a unui tub, tensiunea alternativă de amplificat se aplică între grilă și catod. Făcînd astfel să varieze potențialul grilei în raport cu cel al catodului, producem variații considerabile în intensitatea curentului de placă (ele sînt de μ ori mai mari decît în cazul cînd tensiunea ar fi fost aplicată între anod și catod). Aceste variații ale curentului de placă pot fi amplificate de un al doilea tub, după cum vom vedea mai departe.

Astfel, tensiunea de amplificat se aplică deci la ceea ce s-a convenit să se numească INTRARE a tubului (grilă-catod), IEȘIREA găsindu-se în circuitul anodic.

Tensiunile alternative la intrare vor fi relativ slabe. Primul tub destinat să amplifice tensiunile foarte slabe produse de unde în circuitul acordat al antenei va primi la intrare o tensiune în jurul a cîtorva microvolți sau zeci de microvolți (desigur un emițător apropiat și puternic poate produce tensiuni de mai mulți milivolți). În schimb, ultimul tub din lanțul de amplificare a unui receptor va avea de-a

face cu tensiuni de intrare puternic amplificate, care pot atinge mai mulți volți și chiar mai multe zeci de volți.

POLARIZAREA GRILEI

În afară de tensiunea variabilă aplicată între grilă și catod, este necesar de asemenea de a lua în considerare TENSIUNEA MEDIE A GRILEI, adică tensiunea continuă stabilită între grilă și catod în lipsa tensiunii variabile (de exemplu, cînd postul pe care este acordat în acel moment receptorul nu emite). Această tensiune (numită POLARIZARE de grilă) poate, de exemplu, să fie fixată cu ajutorul unei pile electrice *B* (fig. 33), așezată între grilă și catod. Aceasta este tensiunea care determină, pe caracteristica tubului, PUNCTUL SĂU DE FUNCȚIONARE. Astfel, în figura IV, dacă grila este polarizată la — 3 V, punctul de funcționare este în *A*. Curentul anodic mediu (sau curentul de repaus) este de 3 mA. Atunci cînd tensiunea alternativă acționează la rîndul său asupra grilei, tensiunea variază în plus sau în minus în jurul tensiunii medii. Astfel, admițînd că tensiunea medie ar fi de —3 V și că amplitudinea tensiunii variabile ar fi de 2 V, tensiunile momentane de grilă vor varia între — 5 și — 1 V. În același timp și curentul de placă va varia în jurul valorii sale medii, pînă la valorile extreme, care corespund tensiunilor de — 5 și — 1 V ale grilei. Două pericole trebuie evitate pentru a nu provoca deformații (radiotehnicienii le numesc mai elegant *distorsiuni*). Pe de o parte, variațiile curentului de placă trebuie să fie proporționale cu variațiile tensiunii de grilă. Această condiție va fi satisfăcută dacă tensiunile momentane de grilă nu vor depăși partea liniară a curbei caracteristice. De altfel, din această cauză deformațiile datorite curburii caracteristicii se numesc „distorsiuni de neliniaritate".

Celălalt pericol ne pîndește în punctul unde tensiunea de grilă devine zero. Dacă-l depășim, adică dacă grila devine pozitivă, se stabilește un CURENT DE GRILĂ. Într-adevăr, grila pozitivă se comportă ca un anod. Ea atrage electronii care încep să circule în circuitul grilă-catod. La drept vorbind, curentul de grilă începe de acum chiar cînd grila este încă puțin negativă (—1,5 V la — 1 V, după tub) și aceasta datorită energiei cu care electronii sînt proiectați de către catod. Curentul de grilă produce perturbări grave. Întreținerea sa necesită o cheltuială de energie din partea circuitului de grilă, căruia trebuie să-i interzicem o astfel de treabă.

În rezumat, vedem deci că *tensiunile momentane ale grilei trebuie să se limiteze la partea liniară a caracteristicii, fără a depăși domeniul tensiunilor negative*. Prin urmare, există interesul de a alege polarizarea în așa fel ca *punctul de funcționare să se găsească la mijlocul porțiunii drepte, la stînga axului vertical*. În acest fel, dacă amplitudinea tensiunii alternative nu depășește valoarea de polarizare, potențialele grilei se vor menține în porțiunea liniară și nu vor fi niciodată pozitive.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 9-a

MICROFONUL

În această convorbire, Curiosus s-a dedicat studiului primelor verigi ale lanțului de transmisiuni radio. El a început cu începutul: microfonul și undele sonore care-l atacă.

Undele sonore, aceste vibrații ale moleculelor de aer, a căror frecvență este cuprinsă între 16 per/s (pentru tonurile cele mai grave) și 16 000 per/s (pentru tonurile cele mai înalte) sînt „traduse" cu ajutorul microfonului în variații corespunzătoare ale curentului electric.

MICROFONUL CU CĂRBUNE descris de Curiosus și care funcționează prin variația de rezistență, este foarte sensibil chiar și la sunetele relativ slabe, dar el are anumite deficiențe care împiedică fidelitatea redării. Există alte sisteme de microfoane mai fidele dar mai puțin sensibile (ceea ce are mai puțină importanță, deoarece este posibil întotdeauna de a amplifica curenții microfonici foarte slabi, cu ajutorul tuburilor electronice). Astfel sînt, de exemplu, MICROFOANELE ELECTRODINAMICE, în care o bobină liberă, sub acțiunea undelor sonore, oscilează în cîmpul unui magnet. După cum știm vor apare în bobină curenți induși.

MODULAȚIA

Curentul microfonic, imaginea electrică fidelă a undelor sonore, este de frecvență prea joasă pentru a putea genera unde electromagnetice. Pentru a transporta acest curent de JOASĂ FRECVENȚĂ în spațiul care separă antena de emisie de antena de recepție, trebuie să-l încorporăm într-un curent de înaltă frecvență, care are posibilitatea de a produce unde.

În ce fel introducem curentul de joasă frecvență în curentul de înaltă frecvență? Sau, în termeni tehnici, cum vom *modula* curentul de înaltă frecvență cu ajutorul joasei frecvențe?

În stare pură, cînd n-a fost încă modulat, curentul de înaltă frecvență se prezintă sub forma unui curent alternativ clasic, așa cum am început să-l cunoaștem bine (fig. 38, *a*). Modulația prin joasă frecvență are ca scop de a distruge frumoasa egalitate a amplitudinilor sale. Acestea sînt alungite sau scurtate, după forma curentului de joasă frecvență, în așa fel încît dacă reunim maximele tuturor semiperioadelor se obține o linie (punctată în fig. 38, *c*) care are forma curentului microfonic.

Această inegalitate a amplitudinilor înaltei frecvențe ascunde joasa frecvență.

A modula un curent înseamnă, într-un anumit fel, a-l modela. Sistemul de modulație pe care l-am analizat poartă numele de MODULAȚIE DE AMPLITUDINE, pentru că amplitudinile oscilațiilor de înaltă frecvență variază în cadența joasei frecvențe. Totuși, se poate face ca joasa frecvență să acționeze asupra altei caracteristici a înaltei frecvențe, de exemplu chiar asupra frecvenței sale. În *modulația de frecvență* — după cum se numește acest procedeu — amplitudinile curentului de înaltă frecvență rămîn constante. Dimpotrivă, frecvența sa variază mai mult sau mai puțin, în jurul unei valori medii, proporțional cu valorile momentane ale curentului modulator de joasă frecvență.

Nu vom trata aici acest procedeu de modulație, care nu este folosit decît pentru undele ultrascurte.

EMISIA

Curentul de înaltă frecvență pur (nemodulat) este produs de un tub montat ca OSCILATOR. OSCILATORUL LOCAL constituie exemplul unui astfel de montaj și Curiosus a avut dreptate oprindu-se mai mult asupra analizei funcționării sale. Fără a reveni cu amănunte asupra diferitelor faze ale procedeului de întreținere a oscilațiilor, să ne amintim numai că oscilatorul cuprinde ca element principal un circuit oscilant montat între grilă și catod și cuplat prin inducție cu o bobină înseriată în circuitul de placă. Încărcarea și descărcarea alternativă a condensatorului circuitului oscilant produc un curent de înaltă frecvență, care ar cuprinde numai un anumit număr de perioade (ca în fig. 21, *a*) dacă în momentul următor bobina de

placă n-ar reinjecta prin inducţie în bobina circuitului oscilant energia necesară pentru a compensa pierderile. Datorită acestui aport de energie mereu reînnoit, oscilaţiile o dată stabilite sînt întreţinute cu o amplitudine constantă şi o frecvenţă care este cea de rezonanţă a circuitului oscilant. Deci, energia furnizată de sursa de curent anodic este, în definitiv, aceea care întreţine oscilaţiile. Într-un emiţător, oscilaţiile relativ slabe ale unui oscilator (numit *etaj-pilot*) sînt amplificate de un amplificator puternic de înaltă frecvenţă înainte de a fi aplicate antenei de emisie. Unul din etajele acestui amplificator este influenţat de modulaţie, fie prin întreruperea curentului cu ajutorul unui manipulator (în cazul talegrafiei), fie — şi acesta este cazul transmisiei de sunete — prin curentul microfonului. Curentul microfonic este de cele mai multe ori prea slab pentru a putea modula înalta frecvenţă, astfel că este amplificat într-un amplificator de modulaţie înainte de a-l aplica etajului modulator. Schema foarte... schematizată a unui emiţător este reprezentată în fig. V.

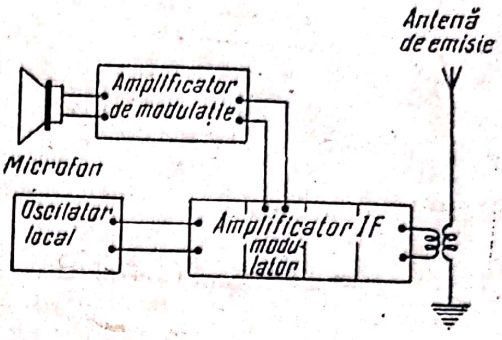


Fig. V. Componenţa unui emiţător de radiodifuziune.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 10-a

CASCA

Dacă lanţul transmisiunii radiofonice începe prin microfon, el ajunge la urma urmei la *difuzor* sau *cască*. Într-adevăr, difuzorul sau casca îndeplinesc funcţiunile inverse celor ale microfonului: transformarea curentului de joasă frecvenţă în unde sonore.

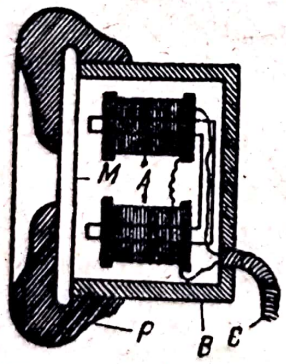


Fig. VI. Elementele constitutive ale unei căşti:
A — electromagnet; *M* — membrană; *P* — pavilion acustic; *B* — cutie; *C* — cordon de alimentare cu curent.

Casca (fig. VI) se compune dintr-un electromagnet cu miez de fier, aşezat în spatele unei membrane subţiri din oţel flexibil. Totul este fixat într-o cutie de metal sau de masă plastică. Curenţii variabili de joasă frecvenţă, parcurgînd înfăşurările electromagneţilor, măresc sau micşorează alternativ magnetizarea miezului care atrage mai mult sau mai puţin membrana. Aceasta — în cadenţa variaţiilor curentului — se bombează mai mult sau mai puţin şi vibraţiile produse astfel se transmit stratului de aer înconjurător pentru a se propaga sub formă de unde sonore. În mod asemănător funcţionează şi difuzorul.

Dacă nici una din multiplele transformări suferite de curent între microfonul emiţătorului şi difuzor nu l-au deformat, sunetul reprodus de difuzor va fi asemănător celui care a produs curentul microfonic.

DETECŢIA

Curentul de joasă frecvenţă este cel care trebuie să parcurgă înfăşurările difuzorului. Nu va folosi la nimic încercarea de a asculta un curent de înaltă frecvenţă modulat. Membrana prea inertă nu va putea vibra la o frecvenţă atît de înaltă. Dacă printr-o minune s-ar putea face acest lucru, „sunetul" produs ar fi de o frecvenţă pe care urechea omenească n-o percepe... Dar înainte de toate, curentul de înaltă frecvenţă nu poate circula în înfăşurările difuzorului care-i opun o reactanţă foarte mare. Cele trei motive enumerate, fiecare în parte fiind concludent, ne conduc la efectuarea unei operaţii inverse celei a modulaţiei: extragerea din curentul de înaltă frecvenţă modulat a componentei de joasă frecvenţă. Această operaţie poartă numele de DETECŢIE.

Pentru a pune în evidenţă componenta de joasă frecvenţă a unui curent modulat, este de ajuns de a-l redresa, adică de a suprima toate semiperioadele (sau alternanţele) care merg într-un sens. Se obţin atunci impulsuri de curent care mergînd toate în acelaşi sens se succed în ritmul înaltei frecvenţe şi a căror amplitudine variază după forma joasei frecvenţe (fig. 41, *c*). Acesta este aspectul general al detecţiei. Să vedem mai de aproape modul de realizare.

DETECTOARE

Redresarea curentului se efectuează cu ajutorul unui conductor unidirecţional. Un astfel de conductor opune curentului o rezistenţă relativ slabă pentru trecerea într-un sens şi mult mai puternică (sau chiar infinită), în sens contrar. Dioda este un exemplu de detector cu rezistenţă infinită în „sensul interzis", pentru că curentul nu poate să treacă de la anod la catod. Detectoarele denumite „cu contact imperfect", dintre care cel mai cunoscut este acela format dintr-un vîrf metalic care se sprijină pe un cristal de galenă, lasă să treacă curentul mult mai uşor într-un sens decît în altul.

Curiosus are dreptate spunînd că toate disimetriile (fizice, chimice sau geometrice) dintre două corpuri în contact determină o conductibilitate inegală după sensul curentului. Şi cum simetria perfectă nu există niciodată, se poate spune că toate contactele imperfecte detectează mai mult sau mai puţin. Este un fenomen adesea foarte puţin dorit. De aici rezultă pericolul contactelor prost realizate şi necesitatea de a asigura în montajele de radio contacte perfecte între conexiuni cu ajutorul lipiturilor executate îngrijit.

Dacă detectorul cu galenă are asupra diodei avantajul de a nu necesita un curent de încălzire, în schimb el nu poate detecta decît curenţi foarte slabi. El nu este folosit azi decît în receptoarele fără tuburi care nu cuprind nici un fel de amplificare şi unde curentul foarte slab al antenei, după detecţie, acţionează asupra căştii. Aceste receptoare, numite „CU GALENĂ", nu trebuie folosite decît pentru recepţionarea emisiunilor regionale. Totuşi nu este un lucru minunat acela pe care-l realizează un astfel de receptor, unde infima parte de energie culeasă din spaţiu de către antenă este suficientă pentru a provoca vibraţia membranei căştii?...

Condensatorul care serveşte pentru acumularea impulsurilor unilaterale ale curentului redresat trebuie să fie de capacitate mică, pentru a opune o reactanţă mare curentului de joasă frecvenţă; în caz contrar, acesta îl traversează. Valoarea uzuală este de aproximativ 2 nF. Adăugăm că în receptoarele cu tuburi se folosesc adesea detectoare cu contact imperfect, în care galena este înlocuită cu un cristal de germaniu sau siliciu.

Pentru a reveni la problema galenei, trebuie arătat că în afara cristalului

de galenă, astăzi în electronică se utilizează numeroase alte elemente asemănătoare, denumite elemente semiconductoare. Tranzistorul și dioda cu germaniu sînt cele mai cunoscute elemente semiconductoare. Funcționarea acestor elemente se bazează tot pe mișcarea controlată a electronilor.

Față de tuburile clasice, elementele semiconductoare au numeroase avantaje, cum ar fi un consum de energie mult mai mic și un volum foarte mic. Aceasta a permis să se realizeze receptoare industriale portabile, de dimensiunile unei tabachere, inclusiv difuzorul și bateriile de alimentare.

DETECȚIA PE PLACĂ

Tubul cu grilă permite, în același timp, asigurarea detecției și a amplificării curentului modulat. În acest scop, tensiunea de detectat se aplică între grilă și catod, grila fiind polarizată mai mult decît pentru amplificare; punctul de funcționare trebuie adus în cotul inferior al caracteristicii. În aceste condiții, alternanțele negative ale tensiunii de înaltă frecvență nu vor aduce decît slabe micșorări ale curentului de placă, în timp ce alternanțele pozitive vor produce puternice creșteri ale curentului de placă. Aceasta prezintă deci din nou aspectul seriei de impulsuri unilaterale de înaltă frecvență și de amplitudine inegale.

Un condensator așezat în circuitul de placă și încărcat prin impulsuri, le va debita în difuzor (sau în altă impedanță) sub forma unui curent de joasă frecvență. Acesta este mecanismul DETECȚIEI PRIN CURBURA CARACTERISTICII DE PLACĂ. Ea se rezumă, pe scurt, la o amplificare afectată de o deformație voită.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 11-a

AMPLIFICAREA DE ÎNALTĂ FRECVENȚĂ ȘI DE JOASĂ FRECVENȚĂ

În majoritatea receptoarelor, amplificarea are loc atît înainte cît și după detecție. Înalta frecvență trebuie amplificată pentru ca tensiunea aplicată detectorului să nu fie prea slabă, astfel ca detecția să aibă loc în condiții normale. Trebuie reținut că fiecare detector are „pragul său de sensibilitate", reprezentat prin cea mai slabă tensiune pe care o mai poate detecta corect. Astfel, cînd pentru un motiv oarecare (depărtarea mare sau slaba putere a emițătorului) tensiunea aplicată detectorului este mai mică decît pragul, detecția nu se va produce sau va fi defectuoasă.

Amplificarea de înaltă frecvență permite deci ascultarea chiar a emițătoarelor slabe sau depărtate; ea se folosește de asemenea pentru a mări sensibilitatea receptorului. În plus se aranjează ca circuitele de cuplaj dintre tuburile amplificatoare ale înaltei frecvențe să ajute la creșterea selectivității receptorului. Tensiunea detectată este în general prea slabă pentru a putea fi aplicată direct difuzorului. Acesta necesită o energie relativ mare, fapt care conduce la necesitatea de a amplifica curentul de joasă frecvență rezultat după detectare.

O triodă amplifică cu aceeași eficacitate atît tensiunile de înaltă frecvență, cît și pe cele de joasă frecvență. Aplicată la intrarea unui tub (între grilă și catod), o tesiune variabilă va da naștere la variații în curentul anodic. Dacă voim să supunem curentul anodic unei noi amplificări, într-un al doilea tub, trebuie să transformăm mai întîi curentul variabil într-o tensiune variabilă.

TRANSFORMATORUL

Transformarea curentului variabil într-o tensiune variabilă poate fi realizată în mai multe feluri. Unul din cele mai obișnuite este folosirea unui TRANSFORMATOR. Să ne amintim că un transformator nu este altceva decît un ansamblu de două înfășurări cuplate prin inducție. Dacă aplicăm o tensiune variabilă la una din cele două înfășurări (numită PRIMAR) va apare o tensiune indusă de aceeași formă în cealaltă înfășurare (numită SECUNDAR). Dacă cele două înfășurări au același număr de spire, tensiunea indusă în secundar este egală cu tensiunea aplicată în primar. Dacă secundarul are de două ori mai multe spire decît primarul, tensiunea produsă în el va fi dublă față de cea aplicată în primar, căci înfășurarea secundară poate fi asimilată cu două înfășurări în serie, dintre care fiecare în parte are același număr de spire cu înfășurarea primară. În acest caz, fiecare din cele două înfășurări secundare va dezvolta o tensiune egală cu a înfășurării primare și în serie cele două tensiuni se adună.

În general, *raportul dintre tensiunea înfășurării primare și tensiunea înfășurării secundare este egal cu raportul dintre numărul lor de spire*. Dacă înfășurarea secundară are mai multe spire decît cea primară, transformatorul se numește RIDICĂTOR de tensiune. În caz contrar, este COBORÎTOR de tensiune. Raportul dintre numărul de spire al înfășurării primare și cel al înfășurării secundare se numește RAPORT DE TRANSFORMARE. Pentru un transformator ridicător de tensiune el este mai mare decît 1 și pentru un transformator coborîtor de tensiune mai mic decît 1.

Ținînd seama de înalta permeabilitate magnetică a fierului, transformatoarele destinate curenților de joasă frecvență au un miez de fier. Pentru ca în miez să nu se poată dezvolta curenți induși (numiți CURENȚI FOUCAULT) — aceștia constituind cauza unor pierderi nedorite de energie — miezul nu se confecționează masiv, ci din tole subțiri și izolate.

Transformatoarele pentru înaltă frecvență pot avea de asemenea un miez magnetic. Dar aici, avînd în vedere frecvența înaltă, confecționarea miezului din tole izolate nu mai este de ajuns pentru a împiedica pierderile prin curenți Foucault. Trebuie că confecționăm miezul din pulbere de fier, fiecare grăunte microscopic de fier fiind izolat de grăunțele vecine printr-un material izolant. În sfîrșit, în transformatoarele pentru frecvențe ultraînalte, orice fier este interzis. Astfel, transformatoarele pentru unde ultrascurte nu au nici un miez de fier și de preferință sînt bobinate cu fir neizolat și rigid, fără suport izolant (aici pierderi se produc și în izolanții așezați într-un cîmp electric de înaltă frecvență).

CUPLAJUL PRIN TRANSFORMATOR

Pentru a servi ca circuit de cuplaj între două tuburi, transformatorul este legat astfel: primarul la ieșirea primului tub (între anod și polul pozitiv al sursei de tensiune anodică); secundarul la intrarea celui de al doilea tub (între grilă și catod). Astfel, variațiile curentului anodic în primar dezvoltă în secundar tensiuni variabile aplicate la intrarea tubului următor.

POLARIZAREA AUTOMATĂ

O sursă comună de tensiune anodică servește la alimentarea tuturor tuburilor din receptor. Cît despre polarizarea negativă a grilelor ea este obținută prin „căderea de tensiune" pe care curentul anodic o produce într-o rezistență intercalată între catodul fiecărui tub și

polul negativ al sursei de tensiune anodică.

Se numeşte „cădere de tensiune", tensiunea creată între extremităţile unei rezistenţe de către curentul care o traversează. După legea lui Ohm, această cădere de tensiune este egală cu produsul dintre intensitate (în amperi) şi rezistenţă (în ohmi):

$$U = I \times R.$$

Astfel, dacă intercalăm între catod şi negativul tensiunii de placă o rezistenţă de 2 000 Ω, un curent anodic de 0,003 A va produce o cădere de tensiune de

$$0{,}003 \times 2\,000 = 6 \text{ V}.$$

Sensul curentului arată că extremitatea rezistenţei legată la polul negativ (minusul) al tensiunii de placă devine astfel negativ faţă de catod. La această extremitate va trebui desigur să legăm circuitul de grilă, pentru ca grila să devină negativă în raport cu catodul.

Intervine totuşi o dificultate. Pe cînd polarizarea trebuie să aibă o valoare fixă, cît mai stabilă cu putinţă, curentul anodic care creează căderea de tensiune este variabil, de vreme ce la intrarea tubului este aplicată o tensiune variabilă. Or, în aceste condiţii, căderea de tensiune folosită la polarizarea grilei devine şi ea variabilă. Cum remediem această situaţie?

SEPARAREA COMPONENTELOR

Examinînd mai îndeaproape forma curentului de placă observăm că deşi acesta este unidirecţional (pentru că în tub el nu poate merge decît într-un singur sens, de la catod la anod), intensitatea sa variază conform variaţiilor tensiunii de grilă. Prin abstractizare, se poate considera că curentul de placă se compune din doi curenţi distincţi: un curent continuu (curentul de repaos, aşa cum este el în lipsa tensiunii variabile asupra grilei) şi un curent alternativ rezultînd din variaţiile tensiunii de grilă. Componenta alternativă face să varieze intensitatea curentului de placă în jurul valorii componentei continue, alternanţele pozitive mărindu-l şi cele negative scăzîndu-l. Acest mod de a ne prezenta curentul anodic, considerîndu-l ca suma unei componente continue şi a unei componente alternative, ne ajută să rezolvăm dificultatea ivită cu privire la polarizare.

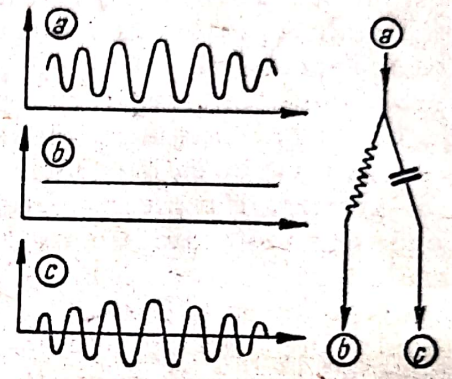


Fig. VII. Un curent anodic variabil *a* poate fi considerat ca sumă a două componente: una continuă *b* şi una alternativă *c*. În dreapta, montajul de separare a celor două componente.

Într-adevăr, este suficient să provocăm căderea de tensiune, numai prin componenta continuă a curentului anodic, pentru ca polarizarea să fie stabilă; cît despre componenta alternativă o împiedicăm să treacă în rezistenţa de polarizare, derivînd-o printr-un condensator. Dacă acesta este de capacitate suficient de mare, el va oferi curentului alternativ un drum mai uşor decît rezistenţa şi scopul va fi atins.

O astfel de separare a componentelor continuă şi alternativă este o operaţie foarte curentă în radiotehnică şi vom mai avea foarte adesea ocazia să recurgem la ea. Se înţelege că capacitatea condensatorului trebuie să fie cu atît mai mare, cu cît frecvenţa este mai joasă, pentru ca reactanţa capacitivă pe care o opune componentei alternative să nu fie prea mare. Pe de altă parte, cu cît rezistenţa

de polarizare este mai slabă, cu atît capacitatea trebuie să fie mai mare, pentru ca componenta alternativă să găsească un drum mai ușor prin condensator.

TRANSFORMATOARE DE JOASĂ ȘI DE ÎNALTĂ FRECVENȚĂ

După această digresiune, consacrată problemelor de alimentare, să revenim la transformator. Dacă este destinat joasei frecvențe, el are un număr mare de spire (cîteva mii) în fiecare înfășurare. Între spire se formează capacități, ca și între cele două înfășurări. Se produc pierderi datorită atît curenților Foucault, cît și altor cauze. Toate acestea fac ca nu toate frecvențele să fie transmise cu aceeași eficacitate: transformatorul introduce o anumită deformație. El trebuie să fie de înaltă calitate, pentru ca distorsiunile să fie mici. Evident că ar fi ideal ca toate frecvențele muzicale să fie transmise în același fel. Dar acesta nu este decît un ideal... Și o astfel de exigență, ideală în joasă frecvență, ar fi inadmisibilă în înalta frecvență, unde dimpotrivă se caută să se privilegieze o singură frecvență, aceea a emițătorului pe care vrem să-l recepționăm, în dauna tuturor celorlalte. Transformatoarele pentru înaltă frecvență trebuie deci să fie selective. În acest scop, cu ajutorul condensatoarelor variabile, se acordează fie una din înfășurările lor (primară sau secundară), fie amîndouă deodată.

MONTAJUL ÎN CONTRATIMP (PUSH-PULL)

Pentru a încheia capitolul amplificării prin transformator, rămîne să mai studiem un montaj pe care Curiosus l-a trecut sub tăcere și care totuși există și merită să fie foarte răspîndit. Este vorba de montajul în contratimp (push-pull) sau simetric.

În acest montaj (fig. VIII), primul tub, T_1, atacă simultan, prin transformatorul Tr_1, cele două tuburi T_2 și T_3, care compun etajul în contratimp propriu-zis. Figura pune în evidență perfecta simetrie a montajului a cărei examinare o facem mai jos. Cele două

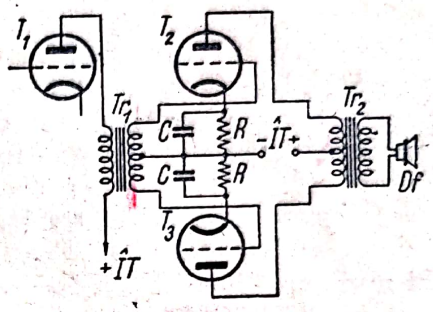


Fig. VIII. Schema montajului în contratimp.

tuburi T_2 și T_3 sînt în fiecare moment supuse la tensiuni de grilă opuse. Într-adevăr, dacă în timpul unei alternanțe în secundarul transformatorului Tr_1 electronii sînt aruncați de sus în jos, grila lui T_2 devine mai puțin negativă și cea a lui T_3 mai negativă. În alternanța următoare se petrece contrariul. Astfel, cînd curentul anodic al lui T_2 crește, acela al lui T_3 scade, și invers. Cele două tuburi funcționează în opoziție de fază, ceea ce explică de altfel și numele de contratimp, sau push — împinge, pull — trage.

Pentru a folosi curentul anodic la variații opuse se folosește al doilea transformator cu priză mediană la primar. Curentul fiecărui tub nu formează deci decît jumătate din înfășurarea primară. Cum curenții fac acest drum în direcții opuse, dar cum pe de altă parte variațiile lor sînt tot opuse, acțiunile celor doi curenți se adună pînă la urmă, căci cîmpurile lor magnetice au același sens. Astfel, cele două componente alternative, colaborînd, induc în secundarul transformatorului un curent, care va acționa asupra difuzorului.

Dacă componentele alternative ale curenților anodici colaborează, componentele continue, în schimb, amîndouă de intensitate egală dar circulînd în cele două jumătăți ale primarului în sensuri opuse, creează cîmpuri magnetice de sens contrar, care se anulează reciproc. Și acesta este unul din avantajele montajului în contratimp. Datorită lipsei cîmpului magnetic continuu, miezul transformatorului lucrează în cele mai bune condiții, întreaga sa magnetizare rezultînd numai din componentele alternative. Permeabilitatea fierului, care se micșorează atunci cînd intensitatea cîmpului crește, este astfel mult mai mare decît în prezența cîmpului permanent creat de componenta continuă.

Alte avantaje vin să se adauge acestuia. Astfel, în montajul în contratimp, datorită punerii în opoziție a celor două tuburi, se neutralizează anumite deformații datorite curburii caracteristicii (distorisiuni de neliniariate).

DIFERITE REGIMURI DE AMPLIFICARE

Mai mult, în acest montaj se poate alege punctul de funcționare al tuburilor în cotul inferior al caracteristicii. Este de ajuns de a le polariza mult mai mult decît în condițiile normale de funcționare a tuburilor amplificatoare pe care le-am examinat mai înainte. În acest moment, numai alternanțele pozitive ale tensiunii de grilă vor produce variații apreciabile ale curentului anodic. Astfel, cele două tuburi vor funcționa alternativ. Dar în transformatorul de ieșire Tr_2 vor fi reconstituite variațiile complete, pentru că alternanțele se vor succeda aici cu sensul lor respectiv.

În acest mod de funcționare, numit în clasă B, se pot aplica grilelor tensiuni alternative de amplitudine mult mai mare (aproape duble), decît în clasă A, adică în regimul ordinar de amplificare, unde punctul de funcționare trebuie să fie fixat la mijlocul porțiunii liniare a caracteristicii. Într-un montaj în contratimp funcționînd în clasa B, tuburile sînt folosite mai complet decît în clasa A.

Bineînțeles că punctul de funcționare al tuburilor în contratimp poate fi ales, în oricare punct intermediar, între punctele corespunzătoare funcționării în clasele A sau B. Se spune în acest caz că tubul funcționează în clasa A′ sau în clasa AB (fig. IX).

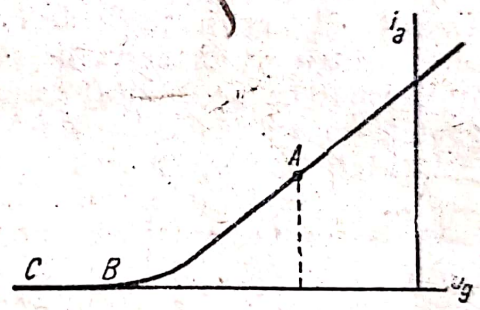


Fig. IX. Punct de funcționare a tuburilor care amplifică în clasele A, B și C.

Menționăm și funcționarea în clasa C, unde punctul de funcționare este la stînga cotului inferior al caracteristicii și unde numai vîrfurile alternanței pozitive dau loc la un curent de placă. Nu se folosește un astfel de regim decît în anumite emițătoare și aparate de măsurat.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 12-a

CUPLAJELE PRIN IMPEDANȚE

În această convorbire cei doi prieteni ai noștri au examinat a doua categorie de cuplaj între tuburi: cuplajele prin impedanțe.

Principiul lor este simplu. Se plasează o impedanță în circuitul anodic al primului tub. Curentul anodic va provoca în impedanță, după cum știm, o cădere de tensiune variabilă pentru că și curentul anodic conține o compo-

nentă variabilă. Printr-un condensator de capacitate corespunzătoare, tensiunea variabilă este comunicată grilei tubului următor. În sfîrșit, potențialul mediu al acestei grile (punct de funcționare în jurul căruia variază tensiunile) este fixat cu ajutorul „unei rezistențe de fugă" sau „de grilă", legată la polul negativ al sursei de înaltă tensiune.

Valoarea condensatorului de cuplaj așezat între anodul tubului precedent și grila tubului următor trebuie să fie suficient de mare pentru ca tensiunile alternative să treacă fără dificultate. În înaltă frecvență este suficient ca el să aibă 0,5 nF, dar joasa frecvență trecînd cu mai puțină ușurință prin condensator, trebuie adoptată o valoare de aproximativ 10 nF pentru amplificarea de joasă frecvență.

Rezistența de grilă are în general o valoare de mai multe mii de ohmi; 0,5 MΩ este una din valorile cele mai uzuale.

AMPLIFICATORUL CU REZISTENȚĂ

Cît privește impedanța circuitului anodic, cel mai simplu este de a o forma dintr-o rezistență ohmică. Este soluția adoptată pentru amplificatoarele de joasă frecvență la cele mai multe din receptoarele actuale. În înaltă frecvență nu se poate aplica acest procedeu, datorită faptului că nu aduce nici un cîștig de selectivitate. Dar în joasă frecvență montajul oferă avantajul de a amplifica într-un mod aproape egal toate frecvențele muzicale și de a fi ieftin.

Valoarea rezistenței anodice depinde de mai mulți factori, mai ales de valoarea rezistenței interne a tubului. După modelul tubului adoptat ea va fi de ordniul zecilor sau sutelor de mii de ohmi.

Nu trebuie uitat nici că componenta continuă a curentului de placă produce de asemenea o cădere de tensiune în această rezistență și aceasta în dauna tensiunii reale între anod și catod. Astfel, dacă sursa înaltei tensiuni este de 250 V, dacă rezistența anodică este de 150 000 Ω și dacă curentul anodic mediu este de 0,6 mA (adică 0,0006 A), căderea de tensiune va fi:

$$0{,}0006 \times 150\,000 = 90 \text{ V},$$

și nu va rămîne între anod și catod decît

$$250 - 90 = 160 \text{ V}.$$

AMPLIFICATORUL CU INDUCTANȚĂ

Întrebuințarea unei inductanțe în locul unei rezistențe ohmice permite reducerea considerabilă a căderii de tensiune continue, ceea ce face ca această soluție să fie deosebit de indicată atunci cînd dispunem de o sursă de curent anodic de tensiune relativ redusă.

Totuși, în raport cu amplificatorul cu rezistență, amplificatorul cu inductanță prezintă inconvenientul că favorizează tonurile înalte (frecvențele muzicale înalte) în dauna tonurilor joase. Reactanța sa fiind proporțională cu frecvența, frecvențele mai ridicate dezvoltă în inductanță tensiuni proporțional mai mari, avînd ca urmare o supraamplificare a tonurilor înalte.

În practică, înfășurările de joasă frecvență corect realizate nu prezintă defectul semnalat decît în mică măsură; nu trebuie deci respinsă amplificarea cu inductanță ca și cum ea ar fi cauza unor distorsiuni inadmisibile.

ALTE MONTAJE CU IMPEDANȚĂ DE CUPLAJ

În înaltă frecvență amplificarea cu inductanță este folosită foarte rar, fiindcă nu dă nici un cîștig de selectivitate. În acest domeniu se preferă înlocuirea ei cu acea impedanță, cu totul deosebită, pe care o constituie circuitul

oscilant la rezonanță. Avem atunci de-a face cu un circuit de cuplaj (fig. 57) cu o mică rezistență ohmică și cu o impedanță foarte mare pentru curenții cu frecvența de rezonanță. Nici o cădere de tensiune continuă apreciabilă, selectivitate sporită, amplificare bună, iată caracteristicile esențiale care pledează în favoarea montajului care, printr-o curiozitate de exprimare, se numește uneori „montaj cu circuit buşon".

Trebuie să arătăm că uneori este avantajos să folosim un circuit de cuplaj care combină principiile transformatorului și ale rezistenței, cum este cel reprezentat în fig. X.

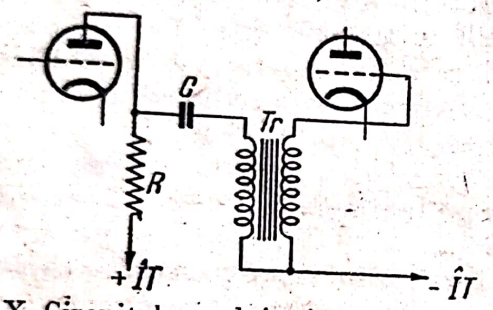


Fig. X. Circuit de cuplaj mixt, cu rezistență și transformator.

În acest montaj, cele două componente ale curentului anodic se bifurcă la ieșirea din anod. În timp ce componenta continuă ia drumul rezistenței R, componenta variabilă traversează condensatorul de cuplaj C și primarul transformatorului Tr, făcînd să apară în secundar tensiuni variabile care atacă grila tubului următor. Avantajul acestui procedeu constă în faptul că transformatorul nefiind parcurs de nici un curent continuu, miezul său lucrează în cele mai bune condiții. (Reamintim că acesta este unul din avantajele montajului în contratimp.)

Pînă acum, examinînd diferitele montaje de legătură între tuburi, am presupus totdeauna că tubul care precede este o triodă. Tot ce s-a spus cu privire la aceasta se poate de asemenea aplica la tuburi cu mai mult de trei electrozi, pe care le vom examina mai departe. Trebuie însă să studiem separat cazul diodei.

LEGĂTURA DIODEI

În cele ce s-au spus pînă acum cu privire la detectoarele diodă s-a presupus că curentul detectat era aplicat la un difuzor. Or, majoritatea receptoarelor sînt prevăzute, după detectoare, cu unul sau mai multe tuburi servind la amplificarea joasei frecvențe. Legătura între diodă și tuburile următoare se realizează cu ajutorul unei rezistențe legate la circuit în locul difuzorului (să se compare fig. 39 și 58). Această rezistență avînd rolul de impedanță anodică, restul montajului nu prezintă nici o particularitate.

Tendința spre reducerea volumului și a prețului receptoarelor a determinat pe constructori să creeze tuburi combinate cuprinzînd în același balon și cu catod comun, o diodă și o triodă folosită ca primă amplificatoare de joasă frecvență. (Există tuburi care conțin două diode și o pentodă, după cum vom vedea mai departe.)

Montajul unui tub combinat detector-amplificator este același ca și în cazul cînd folosim două tuburi distincte (se va compara fig. 58 și 59). Cum tubul amplificator are nevoie de a fi polarizat negativ, rezistența de fugă R_2 este legată la extremitatea negativă a rezistenței de polarizare R_3. Dar anodul diodei nu trebuie adus la un potențial negativ, de aceea rezistența sa anodică R_1 este legată direct la catod.

DETECȚIA „PE GRILĂ"

În loc de a transmite tensiunea de joasă frecvență la grilă prin condensatorul de cuplaj C_2 se pot contopi grila și anodul diodei într-un singur electrod. Se obține astfel o triodă montată în DETECȚIA PE GRILĂ— cum se arată în fig. 60 — și variantele sale echivalente din fig. 61 și 62. Această metodă de detecție și de amplificare

combinată, odinioară foarte răspîndită, este folosită adesea și azi. Ea oferă avantajele simplicității și sensibilității. Dar ea este departe de a fi ferită de distorsiuni, datorită faptului că grila nu poate fi polarizată la un potențial negativ fix, ceea ce ar fi de dorit pentru funcționarea ca amplificatoare.

Să reținem că în acest montaj valorile tradiționale ale elementelor de detecție sînt: R_1 de ordinul megohmilor; C_1 de 0,05 pînă la 0,15 nF.

NUMĂRUL ETAJELOR DE JOASĂ FRECVENȚĂ

Un tub cu circuitul de legătură care-l precede compun un ETAJ al unui receptor. În montajul în contratimp, cele două tuburi cu transformatorul care le precede formează un singur etaj.

În receptoarele actuale amplificarea de joasă frecvență este rareori asigurată de mai mult de două etaje. Obișnuit, detecția este urmată de un prim etaj numit PREAMPLIFICATOR de joasă frecvență, cu amplificare mare, și de un etaj final numit ETAJ DE PUTERE, pentru că rolul tubului (sau al celor două tuburi în cazul montajului în contratimp) care-l echipează este de a dezvolta o putere suficientă pentru acționarea difuzorului. Cîteodată se folosește un singur etaj de joasă frecvență, echipat cu un tub care procură în același timp o amplificare și o putere suficientă.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 13-a

REACȚIA

În convorbirea a 9-a am avut de acum ocazia să examinăm efectele unui cuplaj între circuitele de placă și de grilă ale aceluiași tub. Datorită unui astfel de cuplaj, numit de reacție, circuitul de placă reacționează asupra circuitului de grilă, făcînd să apară în el, la fiecare variație a curentului anodic, o tensiune indusă. Această tensiune poate coincide cu tensiunile proprii ale circuitului de grilă; pentru ca să aibă loc o astfel de coincidență este suficient ca spirele bobinei de reacție să fie parcurse de curentul anodic într-un sens convenabil.

Dacă cuplajul între cele două circuite este de ajuns de strîns, energia reinjectată în circuitul de grilă de către cel de placă este suficientă pentru a compensa pierderile care se produc și pentru a întreține oscilațiile care fac din montaj un veritabil emițător.

Dar dacă cuplajul nu este suficient de strîns, REACȚIA va fi insuficientă pentru a contribui la întreținerea oscilațiilor. Totuși, compensînd o parte mai mică sau mai mare a pierderilor din circuitul de grilă, reacția permite reducerea amortizării. Astfel, tensiunile variabile care sînt dezvoltate de un tub precedent sau de curentul de antenă vor atinge o valoare mai mare decît în lipsa reacției.

Tensiunea de grilă acționînd asupra curentului de placă și acesta reacționînd asupra circuitului de grilă, obținem o supraamplificare care oferă un prețios mijloc pentru a avea o sensibilitate considerabilă fără a recurge la mai multe etaje de amplificare în înaltă frecvență.

DETECTOARE CU REACȚIE

Aplicația clasică a reacției este reprezentată de etajul detector cu reacție, urmat eventual de unul sau două etaje de amplificare de joasă frecvență. De ani de zile acest montaj este foarte popular. El permite asigurarea unei bune sensibilități și a unei selectivități acceptabile, fără ca fide-

litatea redării să sufere. *Amplificarea atinge maximum cînd cuplajul este adus la limita extremă a* ACROŞAJULUI, adică în punctul de la care încep oscilaţiile tubului. Toată arta reglajului unei detectoare cu reacţie constă într-adevăr în găsirea acelui cuplaj care, o dată depăşit, dă naştere acroşajului care se opune oricărei recepţii. Trebuie să mărturisim că în această căutare a sensibilităţii se sacrifică muzicalitatea, pentru că la limita acroşajului circuitul devine foarte selectiv, ceea ce duce la atenuarea tonurilor înalte (vom vedea mai departe cauzele). Dar ce nu va face un radioamator începător pentru a auzi Honolulu!...

Tensiunea indusă depinzînd de frecvenţă, pentru fiecare emisiune recepţionată trebuie căutat gradul de cuplare convenabil. În acest scop pot fi luate în considerare mai multe mijloace. Mai întîi se poate face una din bobine mobilă faţă de cealaltă. Apropiind-o, depărtînd-o sau rotind-o se poate modifica cuplajul după voie.

Dar se mai poate regla intensitatea curentului de înaltă frecvenţă, lăsînd bobinele fixe. În acest scop se dublează drumul curentului anodic aşezînd în una din ramuri bobina de reacţie în serie cu un condensator variabil. Acesta va opri nu numai componenta continuă a curentului anodic, dar de asemenea, fiind de capacitate mică, şi componenta de joasă frecvenţă. Cea de a doua ramură va oferi drumul de trecere pentru aceste componente. În cea de a doua ramură va fi intercalat elementul de legătură cu tubul următor (transformator de joasă frecvenţă, rezistenţă sau inductanţă) sau un difuzor. În serie însă va fi legată o BOBINĂ DE ŞOC care, datorită inductanţei mari, se va opune trecerii componentei de înaltă frecvenţă, lăsînd în acelaşi timp să treacă componenta de joasă frecvenţă. Am recurs deci în acest montaj la o separare a componentelor, analogă cu cea din fig. VII.

Condensatorul variabil aşezat în serie cu bobina de reacţie permite dozarea după voinţă a curentului de înaltă frecvenţă şi de a regla astfel chiar efectul reacţiei. Este o metodă practică, care permite un reglaj foarte precis. Există mai multe variante, bazate toate pe acelaşi principiu şi nedeosebindu-se între ele decît prin detalii de montaj.

Trebuie să ne ferim de a cădea în greşeala obişnuită numind această metodă „reacţie prin capacitate". Este vorba aici totdeauna *de o reacţie datorită efectului de inducţie între două bobine; rolul condensatorului se mărgineşte la acela al unui robinet* care reglează debitul curentului de înaltă frecvenţă.

Se poate cerceta de asemenea adevărata *reacţie prin capacitate*, aşezînd un condensator variabil între placa şi grila tubului. Dar rezultatele obţinute sînt în general înşelătoare. O metodă mixtă de reacţie prin inducţie şi prin capacitate este realizată în montajul HARTLEY (fig. 67), unde placa şi grila sînt cuplate de o dată prin capacitatea condensatorului de acord şi în acelaşi timp prin inducţia unei jumătăţi din bobina de acord asupra întregii bobine. Şi aici dozajul reacţiei este efectuat de un condensator variabil C'.

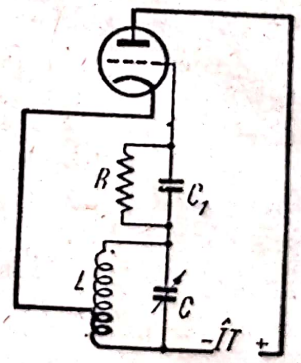


Fig. XI. Oscilator ECO. Drumul curentului de placă este desenat cu linii groase.

Cu montajul Hartley putem asemăna cel al oscilatorului cu reglaj electronic (fig. XI), numit de ase-

menea ECO (după denumirea în limba engleză: Electron Coupled Oscillator*). Folosit adesea ca oscilator local, acest oscilator nu permite dozarea gradului reacţiei, pentru că porţiunea de bobină desenată cu linii groase este parcursă de întreaga componentă de înaltă frecvenţă. Desigur, efectul reacţiei ar deveni reglabil dacă am face variabilă priza bobinei, ca să putem regla astfel numărul de spire parcurse de curentul de reacţie.

CUPLAJE PARAZITE

Dacă reacţia reglabilă constituie adesea un mijloc foarte apreciat pentru a obţine rezultate optime cu un receptor cu un număr mic de tuburi, reacţia spontană datorită cuplajelor parazite reprezintă unul din fenomenele cele mai plicticoase ale practicii radio. Aceste cuplaje parazite pot fi clasificate în trei categorii: inductive, capacitive şi prin rezistenţă comună. Ultima categorie va constitui subiectul convorbirii următoare a prietenilor noştri. Cît despre cuplajele prin inducţie şi prin capacitate, ele se produc pretutindeni unde elementele circuitului de placă ale unui tub se învecinează cu elementele circuitului de grilă ale aceluiaşi tub, precum şi ale tuburilor precedente.

Două conexiuni care se învecinează pe o porţiune din parcursul lor formează aici un condensator. Două bobine sînt cuplate prin inducţie fără a fi dispuse în mod special. Chiar electrozii unui tub, cu toate dimensiunile lor mici, formează capacităţi atît între ei, cît şi cu elementele vecine din montaj. Dacă cuplajele parazite formate astfel sînt de sens „bun", adică reinjectează din circuitele anodice în circuitele de grilă tensiuni în concordanţă de fază cu cele care există acolo, pentru un anumit grad de cuplaj iau naştere oscilaţii spontane, receptorul transformîndu-se în emiţător. Practic aceste „acroşaje" spontane se manifestă prin fluierături, hîrîituri sau cel puţin prin distorsiuni violente ale audiţiei, atîtea fenomene care fac receptorul inutilizabil.

ECRANAJ (BLINDAJ)

Pentru a înlătura toate aceste inconveniente, tehnicienii au la dispoziţie mai multe mijloace. Mai întîi *o aşezare judicioasă a elementelor montajului* evită legăturile prea lungi şi întortochierile primejdioase. În al doilea rînd se foloseşte *ecranajul* (blindajul) bobinelor, al tuburilor şi uneori chiar al unor secţiuni întregi ale montajelor („compartimentarea").

Pentru a înconjura bobinele şi tuburile se folosesc cutii metalice din cupru sau din aluminiu. Datorită acestor „cuşti ale lui Faraday", toate cîmpurile electrice sînt interceptate şi cuplajele parazite evitate. Bineînţeles că tuburile metalice sînt blindate chiar prin faptul că balonul lor este din metal. Chiar anumite conexiuni trebuie să fie uneori blindate cu ajutorul unor teci metalice suple. Cît despre transformatoarele de joasă frecvenţă, ele sînt blindate cu ajutorul cutiilor presate din tablă de fier.

Toate blindajele trebuie să fie legate la un punct de potenţial stabil, de exemplu polul negativ al tensiunii înalte, procedîndu-se la fel şi cu şasiul metalic.

TETRODA

Se merge pînă la instalarea ecranajului în interiorul tuburilor, între grilă şi anod. Pentru ca trecerea electronilor să se poată efectua totuşi liber, acestui blindaj i se dă forma unui grilaj, numit GRILĂ-ECRAN. În acest fel sînt

*) Oscilator cu cuplaj electronic (*N. Trad.*).

alcătuite tuburile cu patru electrozi sau TETRODELE. Pentru a nu frîna electrozii, grila ecran este adusă la un potențial pozitiv ridicat (în înaltă frecvență, jumătatea tensiunii anodice; în joasă frecvență, același potențial ca și placa). În acest fel ea servește ca acceleratoare de electroni.

Datorită existenței grilei ecran, capacitatea parazită între anod și grilă este practic anulată și astfel dispare una din cauzele cele mai periculoase ale acroșajului. La acest avantaj al tuburilor cu grilă ecran trebuie adăugat cel oferit de coeficientul lor mare de amplificare, care poate atinge 1 000. Într-adevăr, în tetrode, curentul anodic depinde aproape în întregime de tensiunea grilei principale (numită GRILĂ DE COMANDĂ) și de tensiunea grilei ecran. În aceste condiții, conform definiției sale, coeficientul de amplificare trebuie să fie foarte mare.

Pe de altă parte, panta tetrodelor fiind de același ordin de mărime cu cea a triodelor, pentru ca relația fundamentală $\mu = R_i \times S$ să fie satisfăcută la un μ mare, trebuie ca R_i să fie de asemenea mare. Într-adevăr, rezistența internă a tetrodelor este foarte mare, de ordinul megohmilor.

Pentru a fixa tensiunea grilei ecran se folosește un montaj „divizor de tensiune" (se mai numește „montaj potențiometric"), așezînd două rezistențe în serie între polii sursei de înaltă tensiune. După valoarea sumei acestor două rezistențe, ele vor fi parcurse de un curent mai intens sau mai puțin intens, producînd în fiecare din ele o cădere de tensiune proporțională cu valoarea rezistenței (suma acestor două căderi de tensiune va fi bineînțeles egală cu tensiunea sursei). Astfel, punctul comun al acestor două rezistențe se va găsi la o tensiune intermediară, pe care o putem fixa la valoarea dorită prin alegerea corespunzătoare a rezistențelor. La acest punct comun va fi legată grila ecran.

Cum acest electrod captează la trecerea prin el un număr oarecare de electroni, există un curent slab al

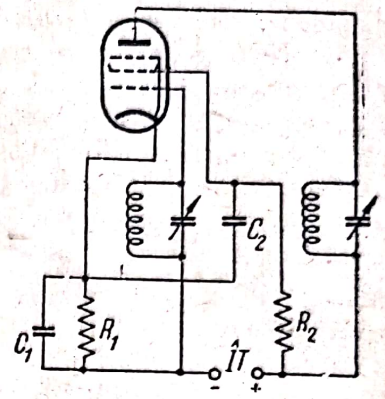


Fig. XII. Potențialul grilei ecran este fixat aici prin căderea de tensiune în R_2. Componenta variabilă trece spre catod prin C_2.

grilei ecran. Pentru ca variațiile acestui curent să nu compromită stabilitatea tensiunii grilei ecran, se așază un condensator între ea și catod, care va devia componenta variabilă a curentului direct spre catod (fig. XII).

EMISIA SECUNDARĂ

Atunci cînd în timpul cursei lor rapide electronii lovesc anodul, lovitura lor smulge atomilor anodului electroni, care sînt proiectați în spațiu. Fluxul acestor electroni emiși de anod sub efectul bombardamentului electronic poartă numele de EMISIE SECUNDARĂ. Viteza electronilor secundari este relativ mică și după un drum scurt ei revin la anod, care fiind pozitiv exercită o atracție asupra lor. Cam în acest fel se petrec lucrurile într-o triodă.

Dar într-o tetrodă emisia secundară poate tulbura serios funcționarea tubului, atunci cînd potențialul anodului scade sub cel al grilei ecran și elec-

tronii secundari în loc să se reîntoarcă la anod sînt atraşi de grila ecran. Există deci în acest moment un adevărat curent care merge de la anod la grila ecran. Acest curent este de *sens opus* curentului anodic normal şi, prin urmare, se scade din acesta. Un miliampermetru aşezat în circuitul anodic va indica o intensitate egală cu diferenţa dintre curentul anodic direct şi curentul secundar.

În ce condiţii se poate produce un asemenea accident? Cu alte cuvinte, cum poate deveni tensiunea anodică mai mică decît tensiunea grilei ecran? Tensiunea grilei ecran, după cum ne amintim, este fixă. Dar tensiunea reală a anodului variază în fiecare moment, pentru că din tensiunea sursei de curent anodic se scade căderea de tensiune care se produce în impedanţa plasată în circuitul anodic. Or, dacă tensiunea alternativă de grilă depăşeşte o anumită valoare, amplitudinile variaţiilor curentului anodic pot deveni astfel încît căderea de tensiune în impedanţa anodică să nu mai lase pe anod decît o tensiune inferioară celei ale grilei ecran. Atunci se produce accidentul emisiei secundare a anodului spre grila ecran, pe care am analizat-o mai sus.

PENTODA

Remediul este simplu: între grila ecran şi anod se interpune o grilă adusă la potenţialul catodului. Această grilă supresoare nu are nici un efect asupra electronilor primari în cursa lor rapidă de la catod la anod. Dar, mult mai lenţi, electronii secundari vor fi frînaţi de această grilă supresoare şi vor fi recîştigaţi de anod.

Tubul TRIGRILĂ sau PENTODĂ, alcătuit în acest fel, este deci la adăpost de accidentele emisiei secundare. Lăsînd la o parte această problemă, el are aceleaşi proprietăţi şi aceleaşi avantaje ca şi tetroda. Pentoda este actualmente tubul cel mai folosit atît în amplificarea de înaltă frecvenţă cît şi în cea de joasă frecvenţă. În ambele cazuri el procură o amplificare foarte mare. În înaltă frecvenţă el prezintă în plus avantajul unei foarte mici capacităţi grilă-placă, evitînd astfel acroşajele spontane.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 14-a

CUPLAJUL PRIN IMPEDANŢE COMUNE

Dacă ecranarea permite suprimarea sau atenuarea cuplajelor parazite datorite inducţiei magnetice şi capacităţii, nu este exclus ca să aibă loc alte cuplaje prin rezistenţele (sau mai general prin impedanţele) comune mai multor circuite.

Dacă aceeaşi impedanţă (care ar putea fi cea a sursei de înaltă tensiune) este parcursă de curenţii variabili ai mai multor tuburi, fiecare în parte va produce în ea căderi de tensiune variabile care se repercutează asupra tensiunilor tuturor electrozilor din tuburi. Astfel de cuplaje, după faza lor, pot duce la naşterea oscilaţiilor spontane sau, dimpotrivă, pot să atenueze puternic amplificarea.

Componentele alternative ale curenţilor din tuburi sînt cele care fac nefastă acţiunea impedanţelor comune. Cît despre componentele continue, prin însuşi faptul stabilităţii lor nu trebuie să ne fie teamă de nici o interacţiune periculoasă. De asemenea, pentru a combate acest fel de cuplaje se atacă componentele alternative ale curenţilor anodici, care cu ajutorul unui DECUPLAJ convenabil sînt abătute de la drumul comun, dîndu-se fiecăreia un traseu individual scurt şi lesnicios.

DECUPLAJUL

Deoarece funcțiunea esențială a componentei variabile a curentului anodic este de a crea o tensiune variabilă în circuitul de cuplaj, la ieșirea din acesta misiunea sa este de acum îndeplinită. Cel mai simplu este de a o readuce la punctul de plecare, catodul, oferindu-i mijlocul de trecere cu ajutorul unui condensator de capacitate suficientă. Pentru a împiedica să apuce pe același drum cu componenta continuă, se va așeza pe acest drum o impedanță care se va opune trecerii ei.

Revenim deci la procedeul obișnuit de *separare a celor două componente ale curentului anodic* (fig. VII): de o parte, un condensator care lasă să treacă componenta variabilă și oprește componenta continuă; pe de altă parte, o rezistență sau o bobină de inductanță proprie convenabilă, care lasă să treacă curentul continuu, dar se opune trecerii componentei variabile.

Pentru decuplaj, în ramura de curent continuu se intercalează rezistențe ohmice, pe care le folosim în același timp și pentru a fixa tensiunea anodică a fiecărui tub la valoarea sa optimă, datorită căderii de tensiune care se produce în rezistența de decuplaj.

În ceea ce privește condensatoarele de decuplaj, ele trebuie să aibă o capacitate cu atît mai mare, cu cît frecvența curenților care urmează a fi decuplată este mai joasă și cu cît rezistențele de decupaj sînt mai mici.

În înaltă frecvență se folosesc condensatoare de aproximativ 0,1 μF, ceea ce este suficient, pentru că la o frecvență de 1 000 kHz (corespunzătoare la lungimea de undă de 300 m) reactanța sa capacitivă nu este decît de 1,5 Ω. În joasă frecvență se folosesc condensatoare de decuplaj de aproximativ 20 μF, aceste capacități mari nefiind un lux de prisos, deoarece la 50 per/s reactanța lor este de 150 Ω.

REALIZAREA DECUPLAJELOR

În montaj, elementele de decuplaj trebuie să fie așezate cît mai aproape posibil de tub și de circuitul de cuplaj, astfel încît componentele alternative să se reîntoarcă la catod pe drumul cel mai scurt.

În practică, condensatoarele de decuplaj nu duc totdeauna la catod, cît mai ales la polul negativ al tensiunii anodice, ceea ce obligă componenta alternativă să treacă, dintr-o parte în cealaltă, prin condensatorul în derivație cu rezistența catodului. Această practică nu este recomandabilă, deoarece capacitatea echivalentă a celor două condensatoare în serie, pe care curentul trebuie să le parcurgă pentru a ajunge la catod, este inferioară capacității celui mai mic dintre cele două condensatoare. Se procedează însă astfel, fiindcă este într-adevăr foarte comod a aduce toate legăturile care merg la negativul înaltei tensiuni la o conexiune comună, constituită dintr-un fir de secțiune mare sau chiar de masa metalică a șasiului; este de preferat prima soluție. Să ne amintim că blindajele bobinelor, ale tuburilor și ale conexiunilor trebuie să fie și ele conectate la „masă", termen care indică legătura comună la polul negativ al tensiunii anodice.

Și acum, după ce am demonstrat utilitatea decuplajului, să reținem că multe receptoare funcționează mai bine... fără decuplaj, datorită faptului că cuplajele parazite pot crea o reacție de fază favorabilă amplificării, suficient de slabă pentru a nu depăși limitele acroșajului. Se întîlnesc astfel receptoare ieftine, la care pentru motive de economie s-a neglijat decuplajul și totuși au o selectivitate foarte bună. Această constatare cuasiparadoxală nu trebuie să facă să ne îndoim de utilitatea decuplajelor, căci este preferabil de a stăpîni reacțiile și de a nu le aplica decît cu bună știință acolo unde efectul lor este folositor, în loc de a lăsa întîmplării grija de a le comanda efectul.

Scanned with OKEN Scanner

COMENTARII LA CONVORBIREA a 15-a

PROBLEME DE ALIMENTARE

Alimentarea unui receptor necesită două surse de curent: sursa de înaltă tensiune, care furnizează curentul anodic, și sursa de joasă tensiune, care furnizează curentul de încălzire. Prima trebuie să aibă o tensiune continuă de aproximativ 100—250 V. Cît privește încălzirea, exceptînd tuburile special prevăzute pentru folosirea bateriilor, ea poate fi asigurată atît de curentul continuu, cît și de cel alternativ.

În ceea ce privește tensiunea de polarizare, s-a arătat mai înainte cum o obținem de la tensiunea înaltă, prin căderea de tensiune într-o rezistență intercalată în circuitul catodic.

Lăsăm la o parte cazurile *bateriilor* sau pilelor și acumulatoarelor care procură toate tensiunile necesare și unde se folosesc tuburi cu încălzire directă, care consumă un curent foarte mic sub o tensiune de aproximativ 2—1,5 V.

CAZUL REȚELEI DE CURENT ALTERNATIV

Cazul cel mai frecvent este acela al receptorului alimentat de la o rețea de curent alternativ. Un cordon prevăzut cu ștecăr aduce curentul de la o priză la primarul unui transformator de alimentare, după trecerea printr-un întrerupător de pornire a receptorului. Ca prevedere se montează în acest circuit o siguranță fuzibilă, care în caz de scurtcircuit se topește oprind alimentarea cu curent.

Primarul unui transformator de alimentare poate avea mai multe prize prevăzute pentru mai multe tensiuni de rețea[1]). Dacă tensiunea unei rețele zisă „de 110 V" nu este stabilă, pentru a preveni efectele dăunătoare ale unei supratensiuni este bine să legăm transformatorul la priza primarului prevăzută pentru 130 V.

În general, transformatorul de alimentare cuprinde trei secundare care servesc respectiv la încălzirea tuburilor, încălzirea redresoarei și ÎT. Toate trei au prize mediane, cel puțin în montajele curente. Redresoarele folosite sînt în majoritate cu doi anozi; dacă nu dorim să redresăm decît o singură alternanță, există totdeauna posibilitatea de a reuni cei doi anozi în unul singur cu ajutorul unei legături exterioare, realizînd astfel un anod comun. Redresoarele erau odinioară încălzite la o tensiune de 4 V (tuburile europene) sau 2,5 V (tuburile americane). Actualmente tensiunea de încălzire a celor mai multe redresoare este de 6,3 V. Se folosesc din ce în ce mai mult redresoare cu încălzire indirectă, ceea ce permite legarea conexiunii + ÎT direct la catod (în loc de mijlocul secundarului „încălzire redresoare").

În ceea ce privește secundarul ÎT, care debitează curentul anodic, extremitățile sale sînt legate la anozii redresoarei, punctul său median constituind polul negativ de ÎT. Nu trebuie pierdut din vedere faptul că la fiecare alternanță, tensiunea aplicată redresoarei este aceea a unei jumătăți din tensiunea înfășurării de ÎT. Astfel, dacă tensiunea totală a secundarului ÎT este de 600 V, numai 300 V sînt redresați la fiecare moment dat; nu trebuie deci să ne așteptăm să găsim o tensiune redresată de 600 V. Fabricile constructoare de transformatoare de alimentare au bunul obicei de a indica nu numai tensiunea dată de înfășurarea secundară, dar și intensitatea. Nu trebuie să ne înșelăm asupra sensului acestei ultime indicații; nu este vorba de intensitatea pe care înfășurarea o debitează *în mod obișnuit*, ci numai de *intensitatea care nu trebuie depășită*,

[1]) În R.P.R. sînt rețele de 110 și 220 V (*N. Trad.*).

pentru a nu provoca o încălzire anormală. Cu cît firul este mai gros și deci are o rezistență electrică mai mică, cu atît înfășurarea respectivă poate furniza un curent mai mare fără o încălzire prea importantă. Pentru a ști care va fi debitul fiecărui secundar este de ajuns de a calcula rezistența totală a circuitului asupra căruia debitează și de a aplica legea lui Ohm.

FILTRAREA

Curentul obținut după redresare este *unidirecțional*, fără a fi prin aceasta un curent continuu. Pentru a fi folosit, el trebuie FILTRAT. Se poate considera un astfel de curent ca rezultînd din coexistența a doi curenți: unul continuu și altul variabil. Prin urmare, problema filtrajului se reduce la următoarele: să lăsăm să treacă componenta continuă, eliminînd totodată componenta variabilă. Am avut de acum prilejul de a rezolva o problemă analogă în studiul decuplajului. Soluția constă în a oferi componentei variabile calea comodă a unui condensator, interzicîndu-i totodată cealaltă direcție, cu ajutorul unei impedanțe care permite numai trecerea componentei continue. În cazul de față se ia ca impedanță o inductanță de rezistență ohmică relativ mică, pe care o așezăm pe parcursul curentului (în receptoarele cele mai simple se folosește o rezistență ohmică în locul bobinei). Condensatorul care servește la devierea componentei variabile este în derivație cu sistemul redresor. În sfîrșit, al doilea condensator așezat la ieșirea CELULEI DE FILTRAJ completează componența ei și permite eliminarea resturilor componentei alternative care au putut trece prin inductanță.

Dacă este necesar un filtraj deosebit de îngrijit, se pot pune în serie *două celule de filtrare*. În acest caz, cele două condensatoare din mijloc pot fi înlocuite printr-un condensator comun celor două celule, a cărui capacitate trebuie să fie dublul capacității condensatoarelor exterioare. Cum frecvența variațiilor este foarte joasă (în cazul alimentării de la o rețea de 50 per/s, vom avea o frecvență minimă de 100 per/s, pentru că în redresarea ambelor alternanțe, fiecare perioadă dă loc la două variații), inductanțele și capacitățile filtrelor trebuie să aibă valori relativ mari. Inductanța are de obicei mai multe zeci de henry și va fi construită din bobine cu miez de fier. Cît despre condensatoare, capacitatea lor fiind de mai mulți microfarazi, întrebuințarea unui dielectric solid ca și a hîrtiei parafinate vor duce la dimensiuni neîngăduit de mari. Se folosește un model special numit *condensator electrolitic*.

CONDENSATOARE ELECTROLITICE

Condensatoarele de acest fel (fig. XIII) conțin un lichid sau o pastă numită ELECTROLIT. În acest electrolit este cufundată o armătură de aluminiu, cu o suprafață relativ importantă.

Dacă se aplică o tensiune între electrolit și aluminiu (acesta din urmă fiind adus la un potențial pozitiv), curentul care ia naștere provoacă descompunerea electrolitului; ca rezultat al acestei descompuneri se formează în jurul aluminiului un strat de alumină, care-l izolează întrerupînd curentul. Deoarece grosimea acestui strat este in-

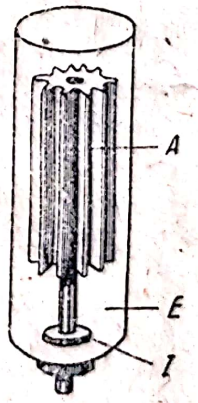


Fig. XIII. Alcătuirea unui condensator electrolitic:
A — armătură pozitivă din aluminiu; *E* — electrolit; *I* — izolator de trecere pentru legătura armăturii pozitive.

fimă (de ordinul miimilor de milimetru!), se înțelege cît de mare va fi capacitatea condensatorului care este format din cele două armături: aluminiul și electrolitul.

Trebuie să remarcăm că condensatorul electrolitic, spre deosebire de cele pe care noi le-am examinat pînă acum, este *polarizat*: este obligatoriu ca polul pozitiv al sursei de tensiune să se aplice la armătura de aluminiu. Inversînd polaritatea riscăm să-l deteriorăm. Unui astfel de condensator nu trebuie deci să-i aplicăm o tensiune alternativă (decît dacă îi suprapunem o tensiune continuă suficient de mare și aplicată în „sensul bun").

Fiecare model de condensator este fabricat pentru o anumită tensiune de serviciu, indicată de fabrică și care nu trebuie depășită. Însăși capacitatea acestui condensator depinde de tensiunea aplicată între armăturile sale; ea scade cînd tensiunea crește.

Dacă condensatorul electrolitic „clachează" sub efectul unei supratensiuni momentane (adică dacă izbucnește o scînteie între armăturile sale), defectul nu este atît de mare, deoarece stratul de alumină se reface de îndată. Nu se poate spune același lucru despre un condensator cu hîrtie; hîrtia se carbonizează sub efectul scînteii, pierde în acest fel calitățile izolante și stabilește un scurtcircuit între armături.

Condensatoarele electrolitice sînt prezentate în general în cutii metalice, care fac legătura cu electrolitul și servesc de asemenea pentru legarea la negativ. Valorile curente ale capacităților sînt cuprinse între 8 și 32 μF.

Aceste condensatoare sînt folosite nu numai pentru filtraj, ci pretutindeni unde se practică un decuplaj în partea de JF și mai ales pentru decuplarea rezistențelor de polarizare. Cu privire la aceasta, trebuie notat că cea mai mare parte din tuburile finale (ultimul etaj JF) folosite în prezent sînt cu încălzire indirectă și prin urmare se polarizează cu o rezistență așezată în circuitul catodului.

ÎNCĂLZIREA FILAMENTELOR

În ceea ce privește încălzirea, dacă tensiunea folosită odinioară era în Europa de 4 V iar în America de 2,5 V, astăzi cele două continente s-au pus de acord, adoptînd 6,3 V ca valoare standard pentru încălzire în curent alternativ. Aceasta nu exclude existența a numeroase modele încălzite sub tensiuni variate mergînd pînă la 110 V (ceea ce evită necesitatea unui transformator coborîtor de tensiune).

În receptoarele care funcționează pe o rețea alternativă, filamentele sînt legate în derivație pe înfășurarea de încălzire a transformatorului de alimentare.

Cazul este diferit atunci cînd receptoarele sînt alimentate de la o rețea de curent continuu. Pentru că în acest caz nu se poate recurge la un transformator care cu foarte puține pierderi coboară la valoarea cerută tensiunea rețelei, se leagă filamentele tuburilor în serie (trebuie, bineînțeles, ca toate tuburile să necesite *aceeași intensitate* a curentului de încălzire). În acest caz se folosesc nu numai tuburi încălzite sub 6,3 V, dar și tuburi — mai ales ca tuburi finale — avînd tensiuni de încălzire superioare. Dacă tensiunea totală necesară filamentelor în serie este inferioară tensiunii rețelei, excedentul va trebui să fie disipat sub formă de cădere de tensiune într-o rezistență. Astfel, un receptor cu cinci tuburi, dintre care patru încălzite sub 6,3 V și unul sub 25 V, va necesita ca tensiune de încălzire pentru cele cinci filamente în serie

$$6{,}3 \times 4 + 25 = 50{,}2 \text{ V}$$

Dacă rețeaua are 110 V, va trebui să piardă într-o rezistență circa 60 V. Admițînd un curent de încălzire de

0,3 A, va fi necesară (conform legii lui Ohm) o rezistenţă „reductoare" de 60:0,3 = 200 Ω. Evident, mai mult de jumătate din energie va fi disipată în căldură în rezistenţă, ceea ce face sistemul neeconomic. Este totuşi singurul pe care-l îngăduie lipsa de supleţe a curentului continuu. Rezistenţa „reductoare" este uneori aşezată în cordonul de alimentare cu curent de la reţea, care poartă în acest caz numele de „cordon de încălzire".

CAZUL REŢELEI DE CURENT CONTINUU

Pentru alimentarea anodică a receptoarelor care funcţionează într-o reţea de curent continuu, nu se pune problema redresării, dar se impune totuşi filtrarea curentului, căci curentul distribuit sub numele de „curent continuu" este în realitate un curent cu uşoare ondulaţii, pe care un filtru bun le elimină.

Cum nu putem ridica tensiunea curentului continuu, trebuie redusă la minimum căderea de tensiune în bobina filtrului, pentru ca tensiunea filtrată aplicată la anozii tuburilor să nu fie prea mică. De aceea, filtrarea curentului continuu se face cu bobine de filtru confecţionate din fir relativ gros (pentru a reduce rezistenţa ohmică), cu riscul de a avea mai puţine spire şi de a compensa inductivitatea foarte mică care rezultă datorită acestui fapt, prin întrebuinţarea condensatoarelor de filtrare de capacitate mare. Din fericire, pentru tensiunile de aproximativ 110 V, pe care trebuie să le suporte, se pot fabrica condensatoare electrolitice a căror capacitate depăşeşte 100 μF.

APARATE DE RADIORECEPŢIE „UNIVERSALE"

Dacă am considerat necesar să examinăm în detaliu alcătuirea radioreceptoarelor alimentate în curent continuu de la reţea, aceasta nu se datoreşte faptului că receptoarele de acest fel sînt cele mai răspîndite. Dimpotrivă, aparatele pentru reţeaua de curent continuu se construiesc destul de rar. Cele mai răspîndite sînt aparatele „UNIVERSALE" (adică cu alimentare universală), care se leagă la reţeaua continuă sau alternativă cu aceeaşi uşurinţă ca şi un fier de călcat electric obişnuit. Or, alcătuirea acestor aparate se deosebeşte foarte puţin de aceea a aparatelor alimentate de la reţeaua de curent continuu, pe care le-am examinat. În „universale", filamentele sînt încălzite într-un mod cu totul asemănător, sau sînt legate în serie cu intercalarea unei rezistenţe reducătoare de tensiune. Cît priveşte înalta tensiune (fig. XIV), înainte de a intra în filtru, curentul din reţea traversează o redresoare monoplacă (pe care o obţinem reunind laolaltă cei doi anozi ai unui tub biplacă).

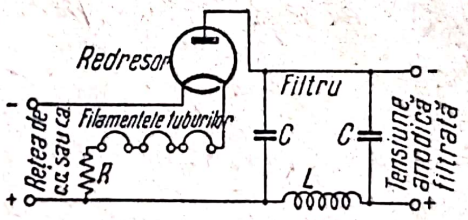


Fig. XIV. Partea de alimentare a unui receptor „universal".

Dacă curentul de la reţea este alternativ, el suferă astfel o redresare a unei alternanţe şi totul se petrece ca şi în alimentarea cu înaltă tensiune normală, în cazul unei reţele de curent alternativ. Dacă curentul de reţea este continuu se pot ivi două cazuri: sau legăm aparatul la priza de curent astfel ca filamentul redresoarei să fie legat la pozitiv şi în acest caz nu va trece nici un curent, astfel că aparatul va rămîne mut; sau, legînd aparatul în sens corect, vom face să treacă uşor prin redresoare curentul continuu, care nemaiavînd nevoie să fie redresat, nu împărtăşeşte de loc soarta curentului alternativ.

Trebuie reţinut că receptoarele pentru

curent continuu și cele „universale" sînt legate direct la rețea, pentru că în circuitul lor de alimentare nu este intercalat nici un transformator. Or, rețeaua poate să fie la un potențial destul de ridicat față de pămînt. De aceea, la astfel de receptoare nu trebuie să legăm priza de pămînt fără să intercalăm un condensator, care, lăsînd să treacă „înalta frecvență" a antenei, se opune la o trecere periculoasă a curentului de rețea spre pămînt.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 16-a

AMPLIFICAREA DIRECTĂ

Receptoarele studiate pînă acum aparțin categoriei de aparate cu AMPLIFICARE DIRECTĂ. Înainte de a fi detectat, curentul de înaltă frecvență din antenă este amplificat în unul sau mai multe etaje. Totuși, o astfel de amplificare nu poate fi împinsă prea departe, căci oricare ar fi precauțiile luate pentru ecranare și decuplare, acroșajele spontane sînt greu de evitat dacă numărul etajelor de ÎF e mai mare de unul sau două. Dificultățile cresc cu frecvența și aceasta nu numai din punctul de vedere al oscilațiilor spontane, dar chiar și al însăși amplificării. Astfel, în undele scurte (frecvențe foarte ridicate) amplificarea se dovedește puțin eficace.

De altfel, înmulțirea etajelor de ÎF are drept consecință creșterea numărului de circuite oscilante care trebuie să fie acordate simultan, ceea ce duce la dificultăți de toate felurile.

Concluzia care se impune este că receptorul cu amplificare directă nu trebuie să fie folosit decît atunci cînd nu se cere decît o sensibilitate limitată. El este foarte indicat ca receptor al posturilor regionale. Prinderea posturilor îndepărtate nu este în principiu de resortul său și trebuie rezervată SUPERHETERODINEI.

PRINCIPIUL SUPERHETERODINEI

În acest montaj se începe prin a coborî frecvența curenților de ÎF înainte de a fi supuși unei amplificări energice; mai mult chiar, oricare ar fi frecvența curenților din atenă, aceștia sînt aduși la o frecvență inferioară, totdeauna aceeași pentru un anumit receptor, numită MEDIE FRECVENȚĂ (MF) sau FRECVENȚĂ INTERMEDIARĂ. Prin urmare, amplificatorul MF nu este construit decît pentru *o singură frecvență*. Nu este deci necesar de a varia acordul circuitelor sale cînd trecem de la o emisiune la alta; și cum funcționează la o frecvență relativ joasă (dar care este încă din domeniul frecvențelor înalte), amplificarea este eficace și este ușor de a înlătura riscurile acroșajelor spontane.

Principiul și avantajele esențiale ale superheterodinei fiind astfel definite, să examinăm mijloacele de lucru pentru realizarea sa.

SCHIMBĂTOR DE FRECVENȚĂ CU DOUĂ TUBURI

Coborîrea, sau mai precis SCHIMBAREA DE FRECVENȚĂ, se bazează pe fenomenul „bătăilor", din care fizica oferă numeroase exemple în studiul vibrațiilor luminoase (interferența), acustice și mecanice (pendule cuplate).

Cînd două mișcări periodice de frecvențe diferite se suprapun, mișcarea rezultantă conține o componentă de frecvență egală cu diferența frecvențelor celor două mișcări. Astfel, suprapunînd doi curenți de frecvențe f_1 și f_2, obținem un curent compus a cărui amplitudine a oscilațiilor variază cu frecvența $f_1 - f_2$ (fig. 89); această ultimă frecvență, numită frecvență de bătăi, este pusă în evidență după detecția curentului

compus. O schimbare de frecvenţă operată astfel nu afectează cu nimic forma modulaţiei de joasă frecvenţă, care se poate găsi încorporată în unul din curenţii componenţi. Dacă peste curentul de înaltă frecvenţă al antenei suprapunem curentul de frecvenţă diferită al unui oscilator local, curentul compus va avea, după detecţie, o frecvenţă egală cu diferenţa frecvenţelor curentului din antenă şi a curentului oscilatorului local; el va mai fi şi purtătorul aceleiaşi modulaţii de joasă frecvenţă ca şi curentul incident al antenei.

Oscilatorul local nu este altceva decît un oscilator cuprins chiar în montajul receptorului. Oscilaţiile sale pot fi suprapuse celor ale antenei, stabilind un cuplaj slab între circuitul de acord al antenei şi cel al heterodinei. Aşa cel puţin se practicau lucrurile în primele montaje cu schimbare de frecvenţă. Dar acest mod de a opera prezintă un mare inconvenient: datorită cuplajului, oscilatorul riscă să se „sincronizeze" cu circuitul de antenă, adică să înceapă să oscileze la frecvenţa acestuia din urmă, în locul propriei sale frecvenţe. Cele două frecvenţe componente fiind astfel egale, frecvenţa rezultată (care trebuie să fie egală cu diferenţa lor) va fi deci nulă, ceea ce nu reprezintă de loc rezultatul scontat. Se spune în acest caz că s-a produs un „blocaj". Pentru a evita acest lucru, trebuie să suprimăm orice cuplaj între circuitul de acord al înaltei frecvenţe şi oscilator. În acest scop, blindajul şi decuplajul fiind puse în funcţiune, oscilaţiile într-un tub cu două grile de comandă se suprapun, fiecare grilă fiind destinată uneia din cele două oscilaţii. Curentul anodic al unui astfel de tub (numit MODULATOR) este comandat deodată de ÎF a antenei şi de frecvenţa oscilatorului local. Deci, într-adevăr, are loc suprapunerea; şi cum tubul detectează curentul rezultant, găsim în curentul anodic componenta MF căutată (fig. 92).

TUBURI MULTIPLE OSCILATOARE-MODULATOARE

Acelaşi tub poate îndeplini simultan funcţiile de oscilator şi de modulator. Pentru aceasta, este suficient de a aşeza după grila destinată oscilaţiilor locale, un mic anod auxiliar al cărui curent — prin intermediul unei bobine de reacţie — va servi la întreţinerea oscilaţiilor locale (fig. 94). Un tub astfel alcătuit ar fi, pe scurt, o dublă triodă, prima triodă fiind montată ca oscilatoare, a doua ca modulatoare. Dar capacităţile dintre electrozii unui astfel de tub ar fi suficiente pentru a crea un cuplaj între circuite şi a duce, datorită acestui fapt, la blocaje. Din această cauză se înconjură cea de a doua grilă (grila modulatoare) cu două grile ecran, aduse la un potenţial pozitiv ridicat, şi se obţine astfel un tub cu şapte electrozi, sau HEPTODĂ.

Pentru a evita emisia secundară a anodului principal, se mai poate aşeza între el şi a doua grilă ecran, o grilă supresoare, ceea ce aduce numărul de electrozi la opt şi constituie o OCTODĂ.

Pentru asumarea dublei funcţiuni de oscilaţie şi modulaţie pe care le necesită schimbarea de frecvenţă, pot fi prevăzute şi alte metode şi alte modele de tuburi. Astfel, un tub poate conţine două sisteme de electrozi distincţi avînd un catod comun, din care primul foloseşte la producerea oscilaţiilor locale, în timp ce al doilea este rezervat modulaţiei. Acesta este cazul triodei-hexode (fig. XV), unde trioda este

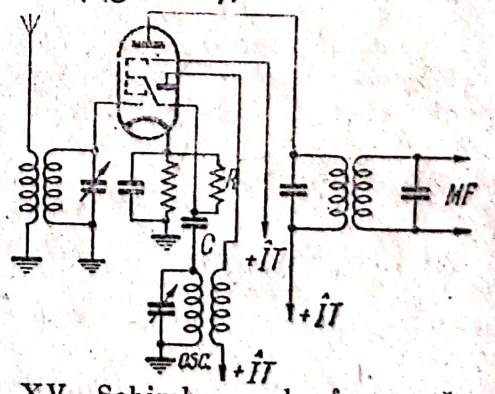


Fig. XV. Schimbarea de frecvenţă prin triodă-hexodă.

montată ca oscilatoare și HEXODA (tub cu șase electrozi) ca modulatoare. De reținut că oscilația locală este aplicată la cea de a treia grilă a hexodei, printr-o legătură scurtă făcută chiar în interiorul tubului.

AMPLIFICAREA DE MF

Oscilatorul local este acordat totdeauna astfel ca diferența dintre frecvența sa și aceea a emisiunii recepționate în circuitul de acord să fie egală cu valoarea fixată a MF. Această valoare a MF este actualmente normalizată în unele țări: pentru anumite considerente s-a adoptat valoarea de 465 kHz. Deși ușor superioară frecvenței emițătoarelor pe gama de unde lungi, această frecvență este inferioară frecvențelor din gama undelor medii și mai ales a undelor scurte, aceste două game avînd în mod sigur nevoia cea mai mare de a li se coborî frecvența.

Valoarea standard a MF adoptată uneori înainte de 1950 era puțin superioară: 472 kHz.

Amplificatorul MF cuprinde în general un etaj, mai rar două, și este echipat cu pentode. Circuitele de cuplaj sînt constituite din transformatoare cu primarul și secundarul acordate pe valoarea MF. În cazul unui singur etaj de MF, vom avea astfel patru circuite acordate: două constituind transformatorul de cuplaj cu schimbătorul de frecvență și două constituind transformatorul care leagă amplificatoarea cu detectoarea (căci după amplificarea MF, curentul este detectat și amplificat în JF).

Se înțelege ușor cît contribuie, pe de o parte, cele patru circuite acordate la creșterea selectivității și cît de anevoios ar fi, pe de altă parte, reglajul lor dacă ar fi așezate în partea de înaltă frecvență. Or, aici ele sînt acordate *o dată pentru totdeauna* pe valoarea MF și dacă elementele lor constitutive sînt suficient de stabile nu este necesar să se facă ulterior nici o rectificare.

Actualmente transformatoarele MF se compun din două înfășurări în „fagure", cel mai adesea cu un miez din fier sinterizat (din pulbere de fier aglomerată). Acordul poate să fie asigurat cu ajutorul micilor CONDENSATOARE AJUSTABILE. O realizare foarte rațională a acestora o constituie lamelele de mică argintate pe ambele fețe, mica jucînd rolul dielectricului și argintul constituind armăturile. Prin răzuirea stratului de argint se ajunge la reducerea capacității la valoarea necesară. Alte condensatoare ajustabile sînt constituite din lamele metalice elastice, pe care reglajul unui șurub le comprimă mai mult sau mai puțin. Există de asemenea modele care reproduc în miniatură construcția condensatoarelor variabile.

Totuși, cel mai adesea, acordul transformatoarelor MF este obținut nu prin variația capacității, ci prin aceea a inductanței bobinelor, condensatoarele de acord fiind fixe. În acest scop, miezurile magnetice se fac reglabile, ele putîndu-se deplasa în interiorul bobinelor acționînd astfel asupra inductanței lor.

Oricare ar fi construcția transformatoarelor de MF, ele sînt închise împreună cu condensatoarele de acord în blindaje, pentru a evita cuplajele parazite prin inducție.

Dacă prezența a patru circuite acordate pe MF (fără a considera pe acelea care pot exista în partea de ÎF, adică înainte de schimbătorul de frecvență) contribuie, după cum am mai spus, la creșterea selectivității, aceasta mai este crescută și prin însăși coborîrea frecvenței. Demonstrarea acestui fenomen, deși foarte simplu, nu intră în cadrul comentariilor noastre.

Considerăm suficient să menționăm acest fapt care explică selectivitatea foarte avansată de care se bucură superheterodina.

Scanned with OKEN Scanner

REGLAJ UNIC

Una din problemele cele mai arzătoare pe care le pune superheterodina este realizarea REGLAJULUI UNIC sau a MONOCOMANDEI circuitelor sale de ÎF. Atunci cînd este vorba de un receptor cu amplificare directă în ÎF, monocomanda este asigurată într-un mod relativ simplu; este de ajuns ca toate circuitele să fie compuse din bobine identice și acordate de tot atîtea condensatoare variabile identice, avînd un ax comun și comandate de un singur buton. Ușoarele abateri (datorite, de exemplu, capacităților parazite între conexiuni) sînt compensate de condensatoarele ajustabile de mică capacitate, legate în derivație cu circuitele oscilante.

Dar în cazul superheterodinei problema reglajului unic apare deosebit de complexă. Este vorba de astă dată de a acorda circuitul de ÎF și circuitul oscilatorului pe două frecvențe deosebite, *menținînd între ele o diferență egală* (egală cu valoarea MF) de-a lungul fiecărei game de recepție. Astfel, într-un receptor a cărui MF este acordată la 465 kHz, frecvența oscilatorului trebuie să fie cu 465 kHz mai mare (sau mai mică) față de frecvența circuitului de acord în ÎF, și aceasta în toate pozițiile condensatorului variabil și pentru toate gamele. Or, deoarece condensatoarele variabile care acordează cele două circuite au capacități identice, pentru a stabili o astfel de diferență este firesc a adopta inductanțe diferite pentru circuitele de ÎF și ale oscilatorului. În acest mod se stabilește o distanță între frevențele circuitelor de acord.

Din nefericire această diferență nu se menține constantă pentru *toate* pozițiile condensatorului variabil. Pentru a o face constantă se recurge la un artificiu care permite modificarea alurei variației acordului circuitului oscilator în funcție de poziția condensatorului variabil: se leagă în derivație cu condensatorul variabil C al oscilatorului un mic condensator F, numit TRIMER, și în serie cu C un alt condensator ajustabil P, numit PADING. Legarea acestor condensatoare ajustabile poate fi efectuată după una din cele trei metode indicate în fig. XVI.

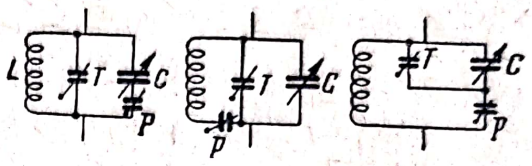


Fig. XVI. Trei feluri de conectare a trimerilor T și a padingurilor P în circuitul de acord al oscilatorului, în scopul asigurării unui reglaj unic.

Reamintindu-ne regulile legării condensatoarelor în serie și în paralel, vedem că *trimerul mărește capacitatea condensatorului variabil*; dimpotrivă, *padingul* legat în serie *o micșorează*. Dar fiecare din condensatoarele ajustabile acționează mai mult sau mai puțin, după cum C este la începutul sau la sfîrșitul cursei. Într-adevăr, atunci cînd condensatorul variabil are capacitatea minimă, trimerul, cu toate că are o capacitate mică, se dovedește important; dar pentru aceeași poziție a lui C, rolul padingului este șters, deoarece fiind așezat în serie cu capacitatea de acum foarte mică a lui C, el nu poate decît s-o reducă mai mult. Astfel, la începutul cursei condensatorului variabil (adică *pentru frecvențele cele mai înalte* sau undele cele mai scurte ale unei game) *trimerul este cel care joacă rolul principal* în corecția capacității de acord.

Cu totul altfel se prezintă situația atunci cînd la sfîrșitul cursei, condensatorul variabil ajunge la capacitatea maximă. Atunci, capacitatea mică a trimerului devine prin comparație neglijabilă. Dar padingul exercită asupra capacității rezultante a ansamblului o acțiune importantă, micșorînd capacitatea C.

Astfel, judecînd rolul capacităţilor acestor două condensatoare ajustabile, *trimerul la începutul şi padingul la sfîrşitul cursei* ajung să dea o dată pentru totdeauna variaţiei capacităţii ansamblului (pe care-l produce rotirea condensatorului variabil) mersul care-i convine. Din această cauză condensatorul variabil al oscilatoarei poate fi comandat prin acelaşi buton ca şi acordul de ÎF.

Bineînţeles, circuitul fiecărei game trebuie să fie prevăzut cu trimerul şi padingul său propriu. Ansamblul tuturor acestor condensatoare este ajustat o dată pentru totdeauna în cursul operaţiei care se numeşte ALINIERE.

În afară de aceasta, alinierea trebuie să permită coincidenţa emisiunilor recepţionate cu indicaţiile puse pe cadranul etalonat al condensatorului de acord.

În montajele moderne, padingurile sînt de obicei fixe şi alinierea se face prin ajustarea miezului bobinelor.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 17-a

FRECVENŢE-IMAGINE

Dacă într-o superheterodină, media frecvenţă este acordată pe o frecvenţă F şi oscilatorul local pe o frecvenţă f, dintre undele ajunse la antenă sînt susceptibile de a fi recepţionate: pe de o parte, cele avînd frecvenţa $f + F$, iar de altă parte, cele avînd frecvenţa $f - F$.

Într-adevăr, diferenţa dintre fiecare din aceste frecvenţe şi frecvenţa oscilatorului local dă frecvenţa F pe care este acordat amplificatorul de frecvenţă intermediară:

$$(f + F) - f = f - (f - F) = F.$$

Astfel, într-o superheterodină cu frecvenţa intermediară acordată pe 50 kHz, atunci cînd oscilatorul local este acordat pe 750 kHz, putem tot atît de bine să recepţionăm emisiunile pe 800 kHz (pentru că 800 — 750 = 50), ca şi cele pe 700 kHz (pentru că 750 — 700 = 50). Or, dacă selectivitatea circuitului de intrare nu este suficientă pentru a elimina una din cele două frecvenţe recepţionabile, ascultăm amîndouă posturile simultan.

Pentru a elimina „frecvenţele-imagine" supărătoare, curentul din antenă trebuie filtrat prin circuite foarte selective. Se poate prevedea în acest scop o PREAMPLIFICARE DE ÎF, astfel ca înainte de a ajunge la tubul schimbător de frecvenţă, curentul de antenă să fie amplificat şi filtrat nu numai de circuitul de acord al antenei, ci şi de un circuit de cuplaj selectiv aşezat între amplificatoarea de ÎF şi schimbătoarea de frecvenţă. Se mai poate alcătui circuitul de acord al antenei astfel încît să i se asigure o selectivitate foarte înaintată. Vom vedea cum se realizează acest lucru, examinînd mai departe filtrele de bandă.

FRECVENŢA INTERMEDIARĂ RIDICATĂ

Totuşi, problema eliminării frecvenţelor-imagine este rezolvată radical prin întrebuinţarea amplificatoarelor de frecvenţă intermediară acordată pe frecvenţe relativ mari, ca actuala frecvenţă standard de 465 kHz. Trebuie notat că distanţa între cele două frecvenţe imagine este egală cu dublul frecvenţei intermediare:

$$(f + F) - (f - F) = 2F.$$

În exemplul numeric dat mai sus, într-un receptor cu frecvenţa intermediară de 50 kHz cele două frecvenţe-imagine erau de 800 şi 700 kHz. Diferenţa lor de 100 kHz este dublul frecvenţei intermediare.

Adoptînd pentru frecvența intermediară o valoare ridicată, îndepărtăm atît cele două frecvențe-imagine, încît oricît de puțin selectiv ar fi circuitul de intrare al receptorului, eliminarea este totală. Astfel, atunci cînd frecvența intermediară este de 465 kHz, distanța dintre frecvențele-imagine este de 930 kHz. Emisiunea nedorită este astfel aruncată atît de departe de emisiunea pe care dorim s-o recepționăm, că ea nu va mai trece. Mai mult, în gamele de unde medii și lungi această distanță de 930 kHz este suficientă pentru a arunca frecvența-imagine în afara fiecărei game într-un domeniu de frecvențe, unde prin urmare sînt șanse mici de a găsi un emițător puternic.

DIFUZOR ELECTRODINAMIC

Trecînd acum la studiul difuzoarelor, să reținem că difuzoarele electromagnetice nu mai sînt întrebuințate astăzi decît foarte rar, fie în anumite receptoare portative alimentate la baterie, fie în receptoarele foarte ieftine. Difuzorul cel mai utilizat este cel electrodinamic, fie cu excitație, fie cu magnet permanent din oțel cu un bogat conținut de cobalt și aluminiu.

Sensibilitatea difuzorului electrodinamic depinde mai ales de intensitatea cîmpului magnetic în care se află bobina mobilă. Mărim acest cîmp reducînd la minimum întrefierul (distanța dintre polii magnetului). În acest fel, bobina mobilă care se deplasează într-un spațiu foarte limitat trebuie să fie menținută pe un drum corect, pentru a nu veni în contact cu magnetul, fapt care ar da naștere la frecări, deformînd sunetul. Menținerea bobinei în poziția pe care ea trebuie s-o ocupe sau „centrarea" ei este asigurată de o piesă înconjurată cu material elastic, fixată pe de o parte la membrană, la joncțiunea sa cu bobina mobilă, iar pe de altă parte la magnet, fie în interiorul fie în exteriorul membranei. Datorită elasticității piesei numită „spider", mișcarea normală a membranei nu este cu nimic împiedicată, dar orice deplasare laterală devine imposibilă.

Bobina mobilă cuprinde numai cîteva zeci de spire din fir fin, înfășurat în unul sau două straturi. Membrana este în general confecționată din pastă de carton impregnat pentru a nu fi sensibilă la umiditate. Grosimea scade începînd de la vîrf la baza conului pe care o formează membrana. Marginile sînt ondulate pentru a asigura o mare libertate de mișcare. Extremitățile sînt fixate cu o armătură metalică, care se sprijină pe magnet și poartă numele de „carcasă". Adesea, transformatorul care servește pentru stabilirea legăturii între ultimul tub al receptorului și bobina mobilă este fixat în exteriorul „carcasei". Primarul acestui transformator cuprinde o priză mediană care servește pentru legare la pozitivul înaltei tensiuni în montajul în contratimp (push-pull).

CONDIȚIILE UNEI BUNE REDĂRI

Difuzorul trebuie montat pe o placă masivă de dimensiuni relativ mari, în care s-a practicat un orificiu de diametrul membranei. Această placă constituie un ECRAN ACUSTIC și are ca scop să împiedice ca undele sonore proiectate de fața concavă a membranei să vină imediat în contat cu undele sonore proiectate de fața convexă. Rezultatul unui astfel de „scurtcircuit" ar fi dispariția notelor joase și atenuarea registrului mediu. Lungind drumul undelor „din spate" se salvează fidelitatea redării.

În lipsa unui veritabil ecran acustic, cutia de lemn a receptorului ar putea asuma funcțiile sale, cu condiția de a fi masivă și mare. Din nefericire, aceste condiții sînt rareori îndeplinite, căci deseori se uită rolul esențial al cutiei de lemn a receptorului în acustica acestuia. De aici rezultă calitatea

muzicală nesatisfăcătoare a unui mare număr de receptoare a căror parte electrică nu lasă totuşi cu nimic de dorit.

Un difuzor electrodinamic nu poate reproduce cu o fidelitate perfectă toate gamele de frecvenţe muzicale. Acele difuzoare la care membrana este de diametru mic, şi datorită acestui fapt sînt uşoare, reproduc mai bine frecvenţele înalte (tonurile înalte). Din contra, difuzoarele cu membrană mare se comportă mai bine la tonurile joase. Astfel, în anumite receptoare se folosesc simultan *două difuzoare*, din care unul pentru tonurile joase şi mijlocii şi unul pentru cele înalte. Cu ajutorul unui sistem de capacităţi şi bobine se separă curentul în componentele de frecvenţe muzicale corespunzătoare, pentru a canaliza spre fiecare difuzor curenţii pe care el le reproduce mai bine.

EXCITAŢIA DIFUZOARELOR

Curentul de excitaţe este luat de la dispozitivul de alimentare cu înaltă tensiune a receptorului. Cînd este vorba de un receptor care funcţionează într-o reţea de curent alternativ şi este prevăzut cu un transformator de alimentare, înfăşurarea de excitaţie este parcursă de curentul total de înaltă tensiune, căci ea este aşezată în serie, sau la pozitiv sau la negativ; ea poate de altfel să servească ca inductanţă a filtrului de alimentare, rol ce i se dă adesea.

Bineînţeles, curentul produce în această înfăşurare o cădere de tensiune considerabilă, de care trebuie să se ţină seama la determinarea caracteristicilor de alimentare cu înaltă tensiune.

Un receptor „universal" — unde se dispune de o înaltă tensiune limitată la cea a reţelei — nu poate suporta o asemenea cădere de tensiune. În aceste receptoare este preferabilă folosirea difuzoarelor cu magnet permanent. Dacă se ţine totuşi să se folosească o excitaţie prin curent, bobina de excitaţie va trebui să fie de mare rezistenţă electrică şi legată în derivaţie cu alimentarea de înaltă tensiune.

Actualmente se folosesc din ce în ce mai puţin difuzoare cu excitaţie. Calitatea excelentă a magneţilor permanenţi este obţinută prin călirea într-un cîmp magnetic intens.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 18-a

CONTROLUL AUTOMAT AL AMPLIFICĂRII

Problema reglajului intensităţii sonore (sau, cum se spune, de volum) a unui receptor, la o examinare mai atentă, apare mai complexă decît pare la prima vedere. Este vorba într-adevăr de a putea regla intensitatea medie a unei audiţii după dorinţa auditorului şi de a o menţine apoi stabilă la acest nivel. Or, fluctuaţia de tensiune dezvoltată de undele herţiene în antena receptorului se opune unei asemenea stabilităţi a volumului sonor.

FEDINGUL (sau dispariţia) undelor, datorit reflectărilor simple sau multiple de straturile superioare ale atmosferei, este o cauză frecventă a fluctuaţiilor de semnal. Totuşi, intensitatea semnalelor recepţionate mai poate varia într-o instalaţie mobilă (de exemplu, receptorul instalat într-un autovehicul), datorită deplasării receptorului în raport cu masele metalice care constituie un ecran sau reflector. Astfel, trecerea pe sub un pod metalic sau printre două imobile din beton armat se va traduce printr-o slăbire importantă a semnalului.

De aceea, dispozitivul care permite înlăturarea efectelor fluctuațiilor semnalelor recepționate și care se numește REGULATOR ANTIFEDING merită să poarte numele mai general de CONTROL AUTOMAT AL AMPLIFICĂRII (CA). Un regulator ideal va trebui să permi tă obținerea automată a aceleiași intensități sonore pentru toate emisiunile recepționate. Practic, regulatorul antifeding nu va putea asigura o asemenea stabilitate a intensității sonore, decît cu condiția ca toa te emițătoare le să aibă aceeași PROFUNZIME A MODULAȚIEI. Ce numim noi astfel? După cum se vede din fig. XVII, un curent de înaltă frecvență poate fi modulat mai profund sau mai puțin profund de un curent de frecvență audio. Cei doi curenți de înaltă frecvență din figura noastră au aceeași amplitudine maximă. Dar cel din *A* este modulat mai profund decît cel din *B*. După detecție,

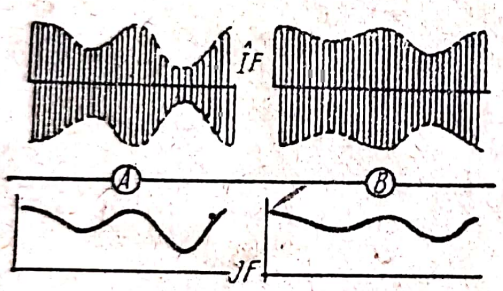


Fig. XVII. Emisiunea din *A* este modulată mai profund decît în *B*. În partea de jos a desenului sînt reprezentați curenții detectați.

cei doi curenți modulați vor da loc la curenți de joasă frecvență reprezentați în partea inferioară a figurii, unde se observă că în, curentul *A*, mai profund modulat, dă naștere unui curent de joasă frecvență mai puternic ca în *B*.

NECESITATEA UNEI COMENZI MANUALE

Or, acțiunea tuturor regulatoarelor antifeding se mărginește la *menținerea constantă a tensiunii de înaltă frecvență* aplicată *la detectoare*. În acest fel, existența unui regulator nu asigură aceeași intensitate sonoră pentru toate emisiunile. Se poate deci întîmpla, și aceasta este un lucru curent, ca o emisiune îndepărtată, dar profund modulată, să dea loc unei audiții mai puternice decît aceea a unui emițător local slab modulat.

Scopul esențial al unui regulator antifeding este de a menține constantă intensitatea sonoră a unei emisiuni date, în tot timpul audiției. Astfel, *existența unui regulator antifeding nu exclude, în nici un fel, necesitatea unui reglaj manual al intensității sonore*, care permite de a aduce volumul sunetului la amploarea dorită, ori care ar fi profunzimea modulației.

Cum acest reglaj manual al intensității sonore nu trebuie să afecteze cu nimic tensiunile de intrare la detectoare, care nu sînt comandate decît prin regulatorul automat, *reglajul manual trebuie să fie așezat în partea de joasă frecvență a receptorului*. El este realizat în mod obișnuit cu ajutorul unui potențiometru, care permite, într-un circuit de cuplaj, de a nu se aplica la tubul următor decît o parte mai mare sau mai mică din tensiunea disponibilă. Adesea, chiar de pe rezistența circuitului de detecție preluăm numai o parte din tensiunea detectată.

ANALOGIE HIDRAULICĂ

Acum că am determinat cadrul acțiunii regulatorului automat, putem să-i expunem principiul fundamental.

Conform acestuia, *regulatorul folosește o tensiune dezvoltată de curentul mediu detectat, pentru a acționa asupra electrozilor tuburilor care preced detectoarea, în așa fel încît să micșoreze amplificarea atunci cînd intensitatea semnalului crește.*

O analogie hidraulică foarte simplă ne va ajuta să descifrăm sensul acestei formulări. Intensitatea semnalelor la intrarea receptorului va fi figurată prin nivelul lichidului dintr-un reci-

pient A (fig. XVIII). Nivelul lichidului în vasul D va reprezenta tensiunea aplicată la detectoare. Se observă că un tub stabilește legătura între cele două recipiente și că un robinet V permite lichidului să se scurgă din vasul D. Dacă instalația se limitează la dispozitivul descris, variațiile de nivel în A vor avea ca efect variații de nivel în D (efectul fedingului). Se prevede însă un regulator pentru a asigura stabilitatea nivelului în D. El se compune dintr-un flotor E, solidar cu o pîrghie articulată în C și avînd montat pe ea un dop P. Cînd, ca urmare a unei creșteri a nivelului în A, crește de asemenea nivelul în D, flotorul E ridicîndu-se face să se ridice și dopul P, astfel că debitul lichidului se va micșora și nivelul lichidului în D

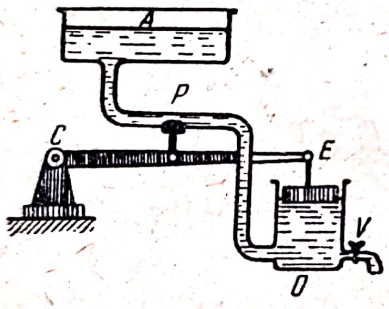


Fig. XVIII. Dispozitiv hidraulic analog cu regulatorul antifeding.

va scădea. Se înțelege că practic nivelul în D rămîne constant.

În mod similar, într-un receptor cu regulator antifeding, o creștere a intensității semnalului la intrare produce o creștere a curentului mediu detectat. Acest curent provoacă într-o rezistență o cădere de tensiune, care sub forma polarizării este aplicată electrozilor unuia sau mai multor tuburi precedente, în așa fel încît să atenueze puterea de amplificare. Dar ceea ce ne interesează la urma urmei este debitul lichidului sau, în ceea ce privește radioul, intensitatea sonoră rezultantă. Or, în hidraulică, debitul dispozitivului nostru depinde nu numai de nivel, ci și de natura lichidului și mai ales de greutatea sa specifică. Dacă nu avem de-a face decît cu un singur lichid, cantitatea pe care robinetul V o lasă să treacă în fiecare secundă rămîne constantă, oricare ar fi nivelul în A. Dar dacă noi am face să curgă, cînd mercur, cînd ulei, debitul n-ar mai fi același pentru cele două lichide. În acest caz, intervine cu folos robinetul V care în ultimă instanță va determina debitul pentru fiecare lichid.

Pentru a reveni la radio, natura lichidului — după cum cititorul atent a înțeles imediat — corespunde profunzimii modulației, iar robinetul V joacă rolul reglajului manual al intensității sonore, așezat în partea de joasă frecvență a receptorului.

Mai trebuie observat că regulatorul hidraulic nu permite decît micșorarea debitului lichidului, împiedicînd astfel creșterea nivelului în D. Dacă dintr-o cauză oarecare nivelul în A scade foarte mult, nivelul în D scade de asemenea, fără ca regulatorul să poată remedia această scădere. Și în acest caz lucrurile se petrec la fel și în radio. *Regulatorul antifeding nu face decît să reducă mai mult sau mai puțin sensibilitatea receptorului.*

Astfel, regulatorul antifeding procedează la o adevărată „nivelare în jos". El nu trebuie aplicat decît la receptoarele care au o rezervă suficientă de sensibilitate.

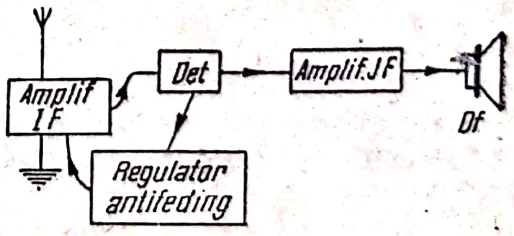


Fig. XIX. Schema generală a unui receptor prevăzut cu regulator antifeding.

Chiar tensiunea dezvoltată de semnalele amplificate asupra detectoarei este aceea care servește la reglarea antifeding. Această tensiune trebuie să ră-

mînă constantă. De îndată ce ar avea tendinţe de a varia fie în sensul creşterii, fie al micşorării, ea va acţiona asupra tuburilor precedente, variindu-le amplificarea şi neutralizînd astfel efectele fluctuaţiilor de semnal în antenă.

TUBURILE CU PANTĂ VARIABILĂ

În tuburile care preced detectoarea se variază amplificarea, variindu-le panta. După cum am văzut cînd am examinat caracteristicile tuburilor, panta nu este constantă decît în porţiunea liniară a caracteristicii. De îndată ce polarizarea atinge cotul inferior al caracteristicii, panta scade, pentru a se anula pînă la urmă în momentul cînd şi curentul anodic este anulat printr-o polarizare excesivă.

Toate tuburile supuse acţiunii unui regulator antifeding au o caracteristică specială, numită cu pantă variabilă. Variaţia pantei, care urmează variaţiei polarizării, este aici foarte progresivă. Curba nu are un cot brusc, astfel că în orice parte a sa un mic segment poate fi uşor asimilat cu o dreaptă. În acest fel, oricare ar fi punctul de funcţionare şi atît timp cît nu este vorba decît de amplitudini mici ale tensiunii de grilă, distorsiunea introdusă de curbură va fi neînsemnată. Cu cît polarizarea negativă este mai mare în valoare absolută, cu atît panta este mai redusă şi o dată cu ea amplificarea.

FUNCŢIONAREA DISPOZITIVULUI DE CONTROL AUTOMAT AL AMPLIFICĂRII (CAA)

Acest reglaj al amplificării înainte de detectoare (care nu este la urma urmei altceva decît un reglaj al sensibilităţii receptorului) ar putea fi efectuat manual cu ajutorul unui potenţiometru care fixează potenţialul grilei sau, ceea ce este acelaşi lucru, al catodului.

Dar în regulatorul automat acest reglaj este obţinut preluînd tensiunea de polarizare necesară pe detectoare. Într-adevăr, în punctul X (fig. 106) al unei diode detectoare se găseşte o tensiune de joasă frecvenţă, care este în fiecare moment proporţională cu intensitatea medie a semnalelor recepţionate.

Această tensiune negativă va servi la polarizarea mai mică sau mai mare a grilelor tuburilor precedente, care se găsesc în acest fel subordonate acţiunii regulatorului antifeding. Trebuie reţinut că polarizarea normală a acestor tuburi este asigurată prin procedeul obişnuit al căderii de tensiune în rezistenţe aşezate între catod şi — ÎT. Tensiunea regulatorului antifeding vine deci să se adauge „suprapolarizînd" grilele pentru a reduce într-o proporţie mai mică sau mai mare amplificarea fiecărui tub.

Atunci cînd, ca urmare a fedingului, intensitatea semnalelor captate de antenă scade, tensiunea detectată în punctul X scade de asemenea; tuburile fiind deci mai puţin „suprapolarizate", ele amplifică mai bine şi neutralizează astfel efectul fedingului.

CONSTANTA DE TIMP

Funcţia regulatorului antifeding constă în menţinerea constantă a puterii sonore a redării. Nu este vorba, bineînţeles, de a aduce puterea tuturor sunetelor la aceeaşi valoare, lipsind astfel muzica de orice nuanţă. Dimpotrivă, contrastele dintre pianissimo şi fortissimo trebuie menţinute în limitele posibilităţii. Ceea ce trebuie menţinut stabil este *puterea medie* a audiţiei.

Însă, pentru a realiza aceasta trebuie să evităm ca variaţiile momentane ale intensităţii semnalelor (datorită, de exemplu, unei izbucniri a orchestrei) să fie supuse acţiunii antifedingului. Acţiunea variaţiilor rapide este înlăturată opunînd acţiunii instantanee a tensiunii regulatoare un circuit

care posedă o CONSTANTĂ DE TIMP convenabilă. Acest circuit este constituit dintr-o rezistență mare așezată în calea tensiunii și dintr-un un condensator care derivă către un punct cu potențial fix (de exemplu — ÎT) componentele alternative ale tensiunii. De reținut înrudirea acestui dispozitiv cu filtrul de la redresor.

O rezistență de R ohmi și un condensator de C farazi așezate astfel necesită $R \times C$ secunde pentru a lăsa să treacă o variație de tensiune. De exemplu, o rezistență de 500 000 Ω și un condensator de 0,1 μF (adică 0,000 000 1 F) vor avea o constantă de timp de 500 000 × 0,000 000 1 = 0,05 s sau 1/20 s. Astfel, toate variațiile mai rapide ca 1/20 s vor fi oprite de acest ansamblu format de rezistență și capacitate. Or, frecvențele muzicale recepționate de aparatele de radio sînt toate superioare la 20 per/s. Dimpotrivă, afară de rare excepții, variațiile intensității datorită fedingului sînt mult mai puțin rapide. Astfel, tensiunile instantanee datorate chiar notelor celor mai grave ale muzicii nu vor avea nici o influență asupra amplificării înaintea detectoarei, dar tensiunile datorite fluctuațiilor provocate de feding vor trece prin sistemul de constantă de timp și vor acționa în sens convenabil asupra amplificării tuburilor.

ANTIFEDING ÎNTÎRZIAT

Tuburile detectoare care se folosesc în prezent conțin în general două diode avînd un catod comun. Aceasta permite separarea funcțiilor de detecție și de reglare automată de volum. După cum se vede în fig. 107, dioda din dreapta este utilizată pentru detecție; în ceea ce privește dioda din stînga, ea primește tensiunea de ÎF prin condensatorul C' de mică capacitate, și căderea de tensiune provocată de curentul detectat în rezistența R' produce tensiunea antifeding.

Totuși, privită astfel, folosirea unei duble diode nu aduce un avantaj însemnat. Din contră, întrebuințarea ei devine într-adevăr interesantă în realizarea ANTIFEDINGULUI ÎNTÎRZIAT.

Se numește astfel un sistem de reglare care nu intră în acțiune decît atunci cînd intensitatea semnalelor recepționate depășește o anumită valoare minimă. Ce interes prezintă un astfel de dispozitiv?

Regulatorul antifeding obișnuit, așa cum l-am examinat noi, acționează deîndată ce un semnal oricît de mic este recepționat de antenă; și în cazul de față „a acționa" înseamnă *a reduce sensibilitatea receptorului*. Or, în cazul semnalelor slabe, aceasta nu este în interesul nostru.

Pentru ca recepționarea emisiunilor îndepărtate sau slabe să nu fie astfel împiedicată, trebuie ca regulatorul antifeding să nu se declanșeze decît pentru semnalele care depășesc un anumit nivel. Noi *întîrziem* sau amînăm acțiunea regulatorului, ca el să nu înceapă să acționeze decît pentru semnalele capabile să dezvolte pe detectoare o anumită tensiune, numită „tensiune de întîrziere".

Acesta este scopul antifedingului întîrziat. Realizarea sa este foarte simplă (fig. XX). Pentru ca tensiunea antifeding să nu se dezvolte decît pentru semnalele care depășesc o anumită intensitate, anodul diodei din dreapta — afectată antifedingului — este negativat în raport cu catodul. Această polarizare este obținută prin căderea de tensiune pe care o produce curentul anodic al părții triode a unui tub combinat într-o rezistență R_1 așezată între catod și — ÎT. Tensiunea U care se produce între catod și un punct convenabil ales pe această rezistență face anodul mai puțin negativ în raport cu catodul, în așa fel încît semnalele care dezvoltă pe diodă tensiuni inferioare lui U să nu producă nici un curent și deci nici o cădere de tensiune în rezistența R'.

Detecția și producerea unei tensiuni de reglare nu va avea loc decît atunci cînd tensiunea dezvoltată de semnale pe diodă va fi superioară tensiunii de întîrziere.

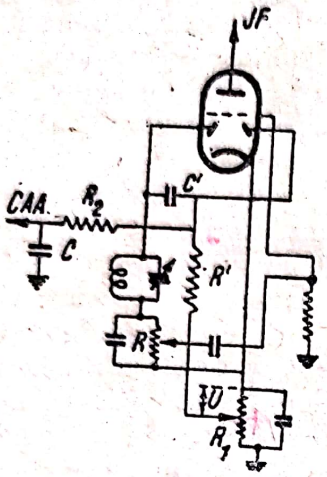


Fig. XX. Antifeding întîrziat. Partea principală a montajului este reprezentată prin linii groase. Tensiunea *U* provoacă întîrzierea.

Astfel, prezentînd maximum de sensibilitate față de semnalele slabe, regulatorul antifeding intră în acțiune numai pentru semnalele mai puternice.

Se va observa în fig. XX că dioda din stînga (utilizate ca detectoare în vederea obținerii joasei frecvențe) nu este afectată de o tensiune de întîrziere — care aici n-ar avea nici o rațiune de a exista — pentru că rezistența de detecție *R* este legată direct la catod. În schemă, această rezistență este montată de altfel ca potențiometru și servește la reglarea manuală a puterii sonore.

REGLAJ TĂCUT

Cînd un receptor înzestrat cu un regulator antifeding nu este acordat pe nici o emisiune, sensibilitatea sa este cea mai ridicată. Deci, în acel moment, el recepționează cu putere maximă toate perturbațiile pe care le poartă eterul și care sînt datorite atît electricității atmosferice (PARAZIȚI atmosferici), cît și nenumăratelor aparate și mașini electrice industriale, casnice sau medicale (paraziți industriali datoriți motoarelor, electromotoarelor, întrerupătoarelor, mai ales scînteilor mașinilor electrice, semnalelor luminoase, soneriilor electrice etc.). Acești paraziți dau naștere în receptor la un zgomot foarte neplăcut atunci cînd învîrtim butonul condensatorului în căutarea unei emisiuni și cînd trecem prin intervalul dintre emițătoare.

Pentru a-l scuti pe auditor de inconvenientul acestui zgomot neplăcut, în anumite receptoare este prevăzut un dispozitiv de REGLAJ TĂCUT, care oprește orice audiție atunci cînd receptorul nu este acordat pe o emisiune. Nu vom intra aici în examinarea diverselor sisteme folosite în acest scop. Cele mai importante sînt bazate pe acțiunea tensiunii antifeding asupra unuia din tuburile de joasă fecvență. Cînd lipsesc semnalele, acesta este „paralizat" printr-o polarizare excesivă, astfel că receptorul rămîne mut. Dar atunci cînd receptorul este acordat pe o emisiune, tensiunea antifeding care apare servește la „deparalizarea" tubului respectiv de joasă frecvență, aducînd polarizarea la o valoare normală.

La drept vorbind, întrebuințarea dispozitivului de reglaj tăcut este destul de puțin frecventă, deoarece rareori funcționarea sa este satisfăcătoare, constituind adesea chiar o cauză de grave distorsiuni.

INDICATOR OPTIC DE ACORD

Dimpotrivă, este foarte generalizată întrebuințarea INDICATORULUI OPTIC DE ACORD care permite acordarea unui receptor pe emisiunea dorită, după ce am așezat pe poziția de „liniște" regulatorul manual de putere sonoră. O dată acordul astfel asigurat fără zgomot și numai cu ochiul (și nu cu urechea), se reglează volumul sunetului la

nivelul dorit. Există două feluri de indicatoare optice.

Unele sînt simple ampermetre intercalate în circuitul anodic al tuburilor supuse acțiunii antifedingului.

Deoarece în momentul acordului precis, tensiunea antifeding atinge valoarea maximă, tubul are cea mai mare polarizare și curentul său anodic trece printr-un minim. Minimul de intensitate care este evidențiat de ampermetru indică cu precizie acordul exact.

O altă categorie, cea mai răspîndită, de indicatoare optice este bazată pe principiul tuburilor catodice folosite în televiziune. În acest indicator (fig. XXI) avem un catod C emițător de electroni și un anod A, adus la un potențial pozitiv și avînd forma unei cupole. Suprafața interioară a anodului este acoperită cu un strat de materie fluorescentă, care devine luminoasă sub acțiunea unui bombardament electronic. Astfel, un observator așezat înaintea vîrfului tubului vede suprafața anodului uniform luminată. Un ecran opac E ascunde observatorului lumina provenită de la catodul incandescent.

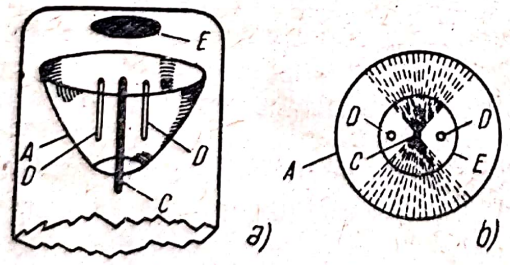


Fig. XXI. Vedere în perspectivă (*a*) și laterală (*b*) a vîrfului balonului unui indicator catodic de acord (ochi magic); *C* — catod; *A* — anod fluorescent; *D* — electrozi de deviație; *E* — ecran opac.

Astfel cel puțin s-ar prezenta tabloul dacă n-ar mai fi unul sau mai mulți electrozi de deviație D, așezați în drumul electronilor. Constituiți din bastonașe, electrozii de deviație D sînt aduși, în raport cu anodul, la un potențial negativ mai mic sau mai mare și, datorită acestui fapt, obligă electronii, respingîndu-i, să devieze mai mult sau mai puțin de la traiectoria lor normală. Fiecare electrod de deviație va crea deci pe anod o umbră mai largă sau mai îngustă, după cum potențialul său este mai mult sau mai puțin negativ. Astfel, în cazul a două bastonașe, vom vedea două umbre largi (fig. XXII, *a*), dacă sînt foarte negative în raport cu anodul, sau două umbre înguste (fig. XXII, *b*), dacă sînt aproape la același potențial cu anodul. Acesta este principiul de funcționare al „OCHIULUI

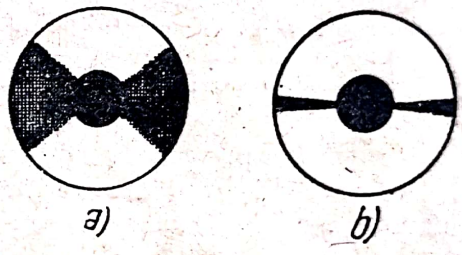


Fig. XXII:
a — sectoarele de umbră ale unui receptor;
b — momentul acordului exact.

MAGIC" sau al „TREFLEI CATODICE", cum se numesc indicatoarele catodice, de acord, după numărul de sectoare de umbre produse.

Se înțelege că potențialul electrozilor de deviație este comandat de tensiunea CAA a regulatorului antifeding. Aceasta este amplificată mai întîi (fig. XXIII) de o triodă. Tensiunea dezvoltată în rezistența anodică R este aplicată electrodului de deviație D a indicatorului catodic. În momentul acordului precis, tensiunea CAA are cea mai negativă valoare, curentul triodei este foarte slab, căderea de tensiune în R este neînsemnată și electrodul D se găsește aproape la același potențial cu anodul fluorescent. Sectorul de umbră devine îngust... și noi știm că s-a realizat acordul precis.

Sistemul amplificator şi indicatorul catodic propriu-zis sînt în realitate montate în acelaşi balon, cum se arată în schema din fig. XXIV, echivalentă cu cea din fig. XXIII.

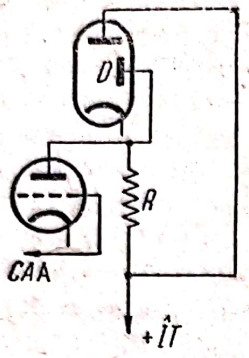


Fig. XXIII. Tensiunea CAA a antifedingului amplificată de o triodă dă naştere, între electrozii *D* şi anodul indicatorului catodic, unei tensiuni de deviaţie necesară funcţionării sale.

Rezistenţa *R* are o valoare de 1 — 2 MΩ. Datorită indicatorului optic se realizează acordul exact, care este o condiţie indispensabilă a redării lipsite de deformaţii.

Adăugăm că actualmente se realizează indicatoare catodice cu două sen-

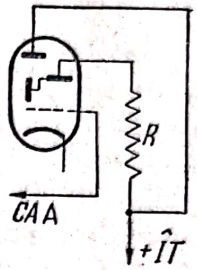


Fig. XXIV. Montajul practic al unui indicator catodic care grupează în acelaşi balon cele două sisteme de electrozi din figura precedentă.

sibilităţi, în care unul din sectoarele de umbră nu se reînchide decît sub acţiunea semnalelor relativ slabe. Primul serveşte deci la acordul exact pe emisiunile locale, iar al doilea uşurează căutarea emisiunilor îndepărtate.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 19-a

DIFERITE CATEGORII DE DEFORMAŢII

Scopul spre care tinde, de-a lungul anilor, efortul tehnicienilor este obţinerea unei fidelităţi perfecte a redării muzicale. Idealul ar fi, evident, de a obţine cu ajutorul difuzorului sunete identice cu acelea care sînt transmise prin microfon în studioul de emisie. Fără ca o asemenea soluţie perfectă să fi fost obţinută, cercetările se apropie din ce în ce de ea, îndepărtînd zi de zi diferitele cauze ale deformaţiei. Dacă se compară calitatea sonoră a receptoarelor de azi cu ceea ce noi consideram ca o bună redare acum 20 de ani, se observă importanţa progresului realizat.

Deformaţiile pot prezenta aspecte variate. Putem recunoaşte DISTORSIUNILE DE LINIARITATE care se manifestă, prin inegalitatea redării diferitelor frecvenţe muzicale; astfel, în cele mai multe dintre receptoarele de calitate mijlocie, tonurile joase şi cele înalte sînt atenuate în raport cu tonurile registrului mediu.

Pe de altă parte, cititorul cunoaşte de acum existenţa DISTORSIUNILOR DE NELINIARITATE, datorite curburii caracteristicii tuburilor şi care afectează deodată raportul intensităţilor şi chiar forma oscilaţiilor; această deformaţie se traduce prin naşterea sunetelor care nu există în muzica transmisă.

În sfîrşit, la audiţie se pot adăuga zgomote de origine străină; BRUMUL REŢELEI datorit unui filtraj insuficient al ÎT sau inducţiilor parazite; suflul datorit iregularităţii emisiunii electronice a catodului şi agitaţiei termice a conductoarelor; în sfîrşit, paraziţii atmosferici şi industriali.

Un studiu aprofundat al problemei duce la această constatare supărătoare: toate organele receptorului sînt susceptibile de a provoca deformații.

Deformațiile pot lua naștere atît în partea de ÎF, în detectoare, cît și în partea de JF. Provoacă uimire faptul că în pofida miilor de amenințări care planează asupra curentului muzical în toate etapele drumului său, el reușește să conserve aproape neatinsă puritatea sa originală...

BENZILE LATERALE DE MODULAȚIE

Deformațiile în partea de ÎF (inclusiv, în superheterodine, amplificatorul de frecvență intermediară) pot fi datorite selectivității excesive a circuitelor acordate.

În raționamentele noastre, am considerat pînă acum că curentul de ÎF, recepționat de antenă, n-are decît o singură frecvență, aceea a oscilației întreținute de ÎF, care servește ca purtătoare a modulației de JF. Or, o asemenea concepție, puțin cam simplistă, nu corespunde realității.

Modularea ÎF, cu ajutorul unui curent de JF, echivalează cu o adevărată schimbare de frecvență, așa cum noi am studiat-o cu privire la superheterodină. Dar și acolo n-am expus decît o parte a fenomenelor cărora le dă naștere suprapunerea a două oscilații de frecvență diferite.

În realitate, cînd suprapunem curenți de frecvențele F și f, în curentul rezultant nu apare numai o componentă de frecvență $F - f$ (ceea ce știm de acum), dar și o componentă de frecvență $F + f$. Astfel, modulînd un curent purtător de ÎF de frecvență F, printr-un curent muzical de frecvență f, creăm de o parte și de alta a frecvenței F două componente $F - f$ și $F + f$, simetrice în raport cu F. Aceste două frecvențe se numesc *frecvențe laterale de modulație*.

Dar în transmiterea vorbirii și a muzicii avem de-a face nu numai cu o singură frecvență f, ci cu o întreagă bandă de frecvențe care se întind pînă la 10 000 sau 16 000 Hz. Astfel, în jurul frecvenței purtătoare F iau naștere BENZI LATERALE DE MODULAȚIE, care ocupă întregul interval al frecvențelor între $F - f$ și $F + f$, adică o lărgime de $2f$.

De exemplu, o emisiune făcută pe 1 000 000 Hz (lungimea de undă 300 m) modulată de frecvențe muzicale mergînd pînă la 10 000 Hz, va ocupa toate frecvențele între 990 000 Hz și 1 010 000 Hz, adică un interval de 20 000 Hz.

MUZICALITATE ȘI SELECTIVITATE

Frecvența purtătoare cea mai apropiată de un alt emițător trebuie să fie depărtată cu cel puțin $2f$, pentru a evita interferența între frecvențele benzilor laterale.

În exemplul de mai sus, emițătorul cel mai apropiat prin frecvența sa va trebui să fie acordat pe 980 000 Hz sau pe 1 020 000 Hz; în cel de-al doilea caz, benzile de modulație vor ocupa intervalul de la 1 010 000 Hz la 1 030 000 Hz.

Pentru a crea posibilitatea de funcționare a unui număr mare de emițătoare în intervalele de frecvență rezervate radiodifuziunii, intervalul total de frecvențe pe care trebuie să-l ocupe cele două benzi laterale ale unui emițător s-a limitat, printr-o convenție internațională, la 9 000 Hz.

În aceste condiții, frecvențele muzicale care sînt transmise nu trebuie să depășească 4 500 Hz.

Această limitare face din radio, din punct de vedere al fidelității redării, ruda săracă a gramofonului, sau a cinematografului, care, fiind ferite de asemenea restricții, pot atinge frecvențe muzicale mai ridicate.

Din fericire, în undele scurte și mai ales în undele metrice, nu sîn-

tem limitați în același fel. Iată de ce calitatea sunetului care însoțește televiziunea — și care este emis pe unde metrice — este net superioară celei a emisiunilor pe unde medii sau lungi.

Dar chiar cu 4 500 Hz se poate ajunge la o bună calitate a redării, cu condiția de a nu mai tăia chiar în receptor frecvențele ridicate ale modulației. Or tocmai acesta este fenomenul nefast căruia îi dau naștere circuitele prea selective.

Neputînd lăsa să treacă decît o bandă îngustă de frecvențe, ele atenuează sau suprimă toate celelalte frecvențe ale modulației.

Desigur, nimic nu este mai ușor decît de-a face un circuit mai puțin selectiv; este de ajuns de a-l amortiza provocînd pierderi într-o rezistență legată în derivație, în așa fel încît să fie debitat acolo un anumit curent. Dar atunci rezultă, în afara pierderii sensibilității, și o selectivitate insuficientă pentru a evita recepționarea emisiunilor pe frecvențe vecine.

Dilema devine mai evidentă cînd studiem curbele de rezonanță. Aceste curbe arată variația intensității curentului care circulă într-un circuit oscilant în funcție de frecvența curentului. Slabă în afara frecvenței de rezonanță, această intensitate este maximă la rezonanță.

Suprapunînd aceste curbe unui dreptunghi care constituie emisiunea cu benzile sale laterale (fig. 110), se vede că la un circuit puțin selectiv, curba sa de rezonanță depășește cu mult intervalul de frecvențe care ne interesează și datorită acestui fapt va lăsa să treacă frecvențele altor emisiuni. Prea selectiv (fig. 111), circuitul „taie" frecvențele ridicate ale benzilor laterale.

FILTRE DE BANDĂ

Soluția este oferită de circuitele compuse, purtînd numele de FILTRE DE BANDĂ, ale căror curbe de rezonanță se apropie de forma ideală care va fi cea a unui dreptunghi. Ele respectă în tot intervalul de 9 000 Hz frecvențele muzicale și coboară apoi atît de abrupt încît nu lasă să treacă emisiunile vecine.

Un filtru de bandă este format din două circuite oscilante cuplate. După

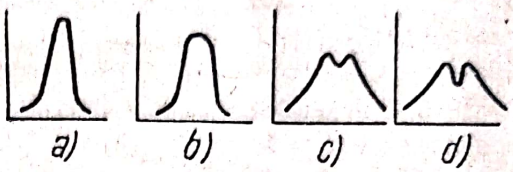


Fig. XXV. Două circuite acordate, cuplate, care produc una din cele patru curbe de rezonanță, după cum cuplajul este slab (*a*), potrivit (*b*), strîns (*c*) sau foarte strîns (*d*).

cum cuplajul este slab, potrivit, strîns sau foarte strîns, curba de rezonanță va avea unul din aspectele arătate în fig. XXV.

Dubla cocoașă care caracterizează cuplajul strîns nu apare decît peste un anumit grad al cuplajului, numit „cuplaj critic". În jurul acestui cuplaj critic, curba de rezonanță a filtrului de bandă are forma care permite realizarea celui mai bun compromis între selectivitate și muzicalitate.

Cuplajul celor două circuite poate fi realizat în mai multe feluri: prin inducție între bobine (în acest fel sînt realizate transformatoarele de frecvență intermediară), prin capacitate, prin folosirea combinată a celor două mijloace sau încă, prin impedanță comună (capacitate, inductanță sau amîndouă la un loc).

Filtrele de bandă sînt folosite ca circuite de acord ale antenei sau ca circuite de cuplaj între tuburile de înaltă frecvență intermediare.

SELECTIVITATE VARIABILĂ

Lărgimea benzii de trecere depinde de gradul de cuplare. Făcîndu-l pe acesta reglabil, putem varia deci, după voință, lărgimea benzii de frecvențe transmise

prin filtru. Se realizează în acest fel SELECTIVITATEA VARIABILĂ; care permite adaptarea receptorului la condiţiile cele mai variabile ale recepţiei.

Pentru a asculta un post îndepărtat, care poate fi acoperit de un post puternic, se împinge selectivitatea la maximum, cu toate că se sacrifică muzicalitatea. Dimpotrivă, cînd ascultarea unei emisiuni puternice şi apropiate nu necesită decît o selectivitate obişnuită, se asigură o muzicalitate maximă (slăbind cuplajul).

DISTORSIUNI ÎN PARTEA DE JF

Deformaţiile care iau naştere în partea de JF a unui receptor aparţin mai ales categoriei de distorsiuni neliniare, datorite curburii caracteristicilor tuburilor. Această curbură exista chiar în ceea ce noi în primă aproximaţie am considerat ca „porţiune liniară" a caracteristicii. Atît timp cît nu este vorba decît de amplitudini mici ale tensiunilor alternative de grilă, acest mod de a asimila porţiunea care ne interesează a curbei cu o dreaptă era perfect justificat. Dar în JF — şi mai ales în ceea ce priveşte tubul final — avem de-a face cu tensiuni alternative relativ mari şi aici curbura caracteristicii se manifest printr-o anumită deformaţie a curentului anodic.

O analiză aprofundată a fenomenului arată că modificarea formei curentului anodic se traduce prin apariţia ARMONICILOR sale, adică a notelor de frecvenţă dublă, triplă etc..., a frecvenţei fundamentale a sunetului. Armonicile care iau naştere astfel afectează timbrul sunetului şi dăunează fidelităţii redării.

CONTRAREACŢIA

Remediul propus aparţine acelei categorii care vindecă răul prin rău. *Pentru a suprima sau cel puţin a atenua deformaţiile amplificatorului de JF, se introduc deformaţii de natură identică cu cele produse de el însuşi, dar de sens opus, astfel ca să se neutralizeze reciproc.*

De unde să luăm deci deformaţii identice cu cele ale amplificatorului însuşi ? Cel mai simplu şi cel mai sigur este de a le prelua chiar de la ieşirea amplificatorului şi de aici să le aplicăm la intrarea sa, dar în opoziţie de fază cu tensiunile care, amplificate, le-au făcut să apară.

Şi iată-ne ajunşi la principiul CONTRAREACŢIEI. Căci ce facem dacă nu contrareacţie, atunci cînd luăm de la ieşirea unui tub (sau a amplificatorului în întregime) o parte din tensiunea disponibilă şi o reinjectăm la intrare, dar în opoziţie de fază?

Idealul ar fi de a nu prelua de la ieşire decît tensiunile datorite distorsiunilor. Dar, evident, ele nu sînt separabile de tensiunea totală. Luăm deci o porţiune u mai mică sau mai mare a tensiunii totale de ieşire pe care o readucem la intrarea amplificatorului, punînd-o în opoziţie cu tensiunea U, care este aplicată acolo (fig. XXVI); ce se întîmplă atunci ?

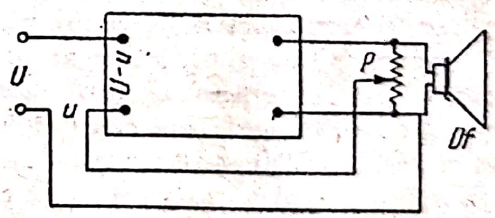


Fig. XXVI. Schema generală a contrareacţiei. Partea necesară din tensiunea de ieşire este preluată de la un potenţiometru P.

Fiindu-i opusă, tensiunea u se scade din tensiunea U, astfel că la intrarea amplificatorului nu vom avea decît o tensiune $U - u$. Acest lucru nu este prea grav, căci această reducere poate fi compensată printr-o amplificare suficientă a ansamblului. Dar ceea ce este interesant, este faptul că în tensiunea $U - u$ avem acum distorsiuni care nu existau în tensiunea U şi care sînt

aplicate în sens opus sensului în care ele se produc în amplificator. Rezultă o reducere considerabilă a distorsiunii. Observăm că contrareacţia nu permite eliminarea totală a distorsiunilor, pentru că trebuie să avem la ieşire puţină deformaţie pentru a o reinjecta la intrare. În tuburi ele sînt „corectate" de deformaţiile în sens opus, astfel că nu rămîne decît prea puţin la ieşire.

Datorită faptului că tensiunea U la intrare este redusă la valoarea $U - u$, datorită unei fracţiuni u a tensiunii de ieşire, contrareacţia reduce amplificarea într-un anumit raport. Ea nu trebuie aplicată decît unui amplificator care are o rezervă suficientă de amplificare, astfel ca, cu toată această reducere, tubul final să poată furniza difuzorului puterea dorită.

CONTRAREACŢIA PE TUBUL FINAL

Cum se realizează practic contrareacţia ?

Deoarece principalele distorsiuni iau naştere în tubul final, contrareacţia nu este aplicată uneori decît acestuia. În acest caz, mijlocul cel mai simplu (fig. XXVII) constă în a reuni placa tubului final T_2 cu placa preamplificatoarei T_1, cu ajutorul unei rezistenţe R de o valoare ridicată (de la 1 pînă la 2 MΩ). Prin această rezistenţă, tensiunile alternative dezvoltate în primarul transformatorului de ieşire sînt reîntoarse, în parte, spre grila tubului final, trecînd prin condensatorul de cuplaj C. Trebuie să notăm că aici, ca şi în schema generală din fig. XXVI, avem de-a face cu un potenţiometru care divizează tensiunea, astfel că numai o parte să fie reîntoarsă. În fig. XXVII potenţiometrul este constituit pe de o parte din rezistenţa R, pe de altă parte din trei rezistenţe legate în paralel: rezistenţa internă R_i a tubului T_1 şi rezistenţele R_1 şi R_2 (aceste trei rezistenţe sînt legate pe de o parte la anodul lui T_1 şi pe de altă parte la + sau — ÎT, ceea ce din punct de vedere alternativ revine la acelaşi lucru). Cum rezistenţa echivalentă a lui

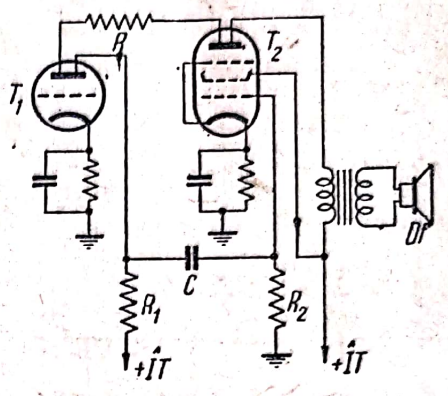


Fig. XXVII. Contrareacţia în amplificatorul de joasă frecvenţă, realizată cu ajutorul rezistenţei R între plăcile celor două tuburi.

R_i, R_1 şi R_2 legate în paralel este mică în raport cu rezistenţa R, numai o mică parte a tensiunii de ieşire va fi aplicată la grila lui T_2.

CONTRAREACŢIE CU CORECŢIA TONALITĂŢII

Atunci cînd dorim să aplicăm contrareacţia la cele două tuburi care compun amplificatorul de JF al unui receptor, este de preferat de a prelua tensiunea necesară pe secundarul transformatorului de ieşire, care este, după cum ne amintim, coborîtor de tensiune. Această tensiune se aplică primului tub cu ajutorul unei rezistenţe R_1 de valoare mică (10 pînă la 20 Ω) intercalată între catod şi rezistenţa de polarizare (fig. XXVIII). Catodul este astfel promovat la gradul de electrod de comandă pentru tensiunea de contrareacţie.

Se profită uneori de acest dispozitiv pentru a îmbunătăţi în acelaşi timp redarea tonurilor joase şi înalte, care în general sînt atenuate în raport cu registrul mediu. Pentru a *amplifica mai bine tonurile joase şi înalte este de ajuns de a reduce tensiunea de contrareacţie*

pentru frecvențele corespunzătoare. În acest fel, atenuarea amplificării pe care o antrenează contrareacția va fi mai puțin pronunțată pentru tonurile

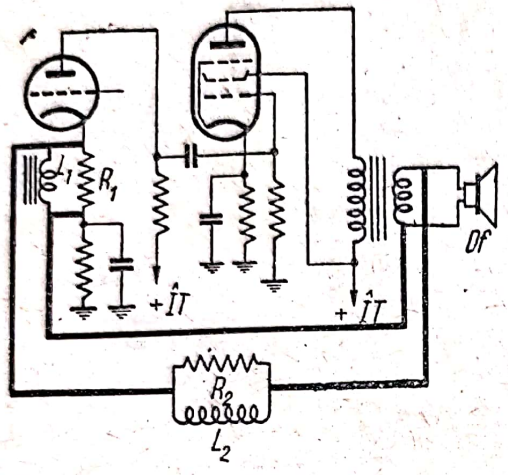


Fig. XXVIII. Contrareacția în amplificatorul de joasă frecvență, cu corecție de tonalitate. Rezistența R_1 este de 10—20 Ω, R_2 este de 500 Ω, L_1 este de 25 mH și L_2 de 15 mH.

joase și înalte, care vor fi astfel amplificate mai mult decît cele medii. O astfel de „corecție de tonalitate" este realizată cu ajutorul a două mici inductanțe L_1 și L_2. Prima așezată în derivație pe circuitul de contrareacție, lasă să treacă curenții cu atît mai ușor cu cît frecvența este mai joasă și aceasta în dauna curentului care trece prin R_1. Astfel, cu cît frecvența este mai joasă, cu atît mai puțin va exista în R o tensiune care să exercite efectul de contrareacție. În acest fel bobina L_1 corectează tonurile joase.

Bobina L_2, așezată în serie, se opune trecerii curenților cu atît mai puternic cu cît frecvența lor este mai ridicată. Rezultă de aici că frecvențele tonurilor înalte vor fi îndrumate mai puțin spre R_1 și că pentru ele, contrareacția va antrena o mai mică scădere a amplificării.

Cu toate că acest mod „de a corecta tonalitatea" pare a fi de o simplicitate seducătoare, nu ne vom grăbi să-i preconizăm întrebuințarea fără a formula unele rezerve. Reducînd efectul contrareacției pentru anumite frecvențe nu trebuie să uităm cîtuși de puțin că scopul esențial al contrareacției este de a atenua distorsiunile. Corectînd astfel tonalitatea, frecvențele „favorizate" de o contrareacție redusă vor fi cele mai afectate de distorsiunile insuficient corectate. Și dacă acest lucru este de mică importanță pentru tonurile înalte (ale căror armonici urcă prea sus pe scara frecvențelor pentru a mai fi supărătoare), el poate să se dovedească foarte neplăcut pentru tonurile joase.

Și pentru că există alte metode de corecție a tonalității, care nu apelează la contrareacție, este preferabil de a recurge la ele, decît de a risca să introducem deformații supărătoare, atacînd alte deformații... uneori mai puțin importante.

COMENTARII LA CONVORBIREA a 20-a

PARAZIȚI INDUSTRIALI

În această ultimă convorbire, Curiosus și Ignotus, colaborînd prietenește, au elaborat schema unui receptor excelent, bine studiat în toate detaliile. Ei au trecut totuși sub tăcere problema COLECTORULUI DE UNDE.

O astfel de omisiune este scuzabilă. Sensibilitatea unui receptor modern, ca acela pe care ei îl vor construi, îngăduie să ne mulțumim cu o antenă modestă. Cîțiva metri de fir întins pe tavanul unei camere și convenabil izolat de punctele de susținere, sînt de ajuns. Pe de altă parte, priza de pămînt se obține legînd borna corespunzătoare a receptorului la o instalație de apă, de calorifer sau de gaze. De altfel, receptoarele se pot lipsi adesea

de o priză de pămînt, capacitatea proprie a șasiului metalic fiind suficientă pentru a servi de rezervor electronilor care vin și pleacă spre antenă. Totuși, dacă o astfel de antenă este supusă acțiunii undelor radioelectrice, ea este în mod asemănător impresionate și de paraziții industriali. Aceștia sînt oscilații de ÎF, care se propagă sub formă de unde electromagnetice, ocupînd o foarte largă bandă de frecvențe, astfel că ele afectează recepția aproape a tuturor frecvențelor.

Undele parazite sînt de putere relativ slabă și ele nu există aproape de loc în afara limitelor imobilelor în care propagarea lor este ușurată de toate instalațiile și armăturile metalice. De asemenea, în înălțime, cîmpul acestor unde slăbește foarte repede deasupra acoperișului și la cîțiva metri peste învelitoarea casei acțiunea paraziților devine neînsemnată.

ANTENE ANTIPARAZITE

Pe acest principiu se bazează folosirea antenelor antiparazite pe care le instalăm pe stîlpi, pentru a le ridica cît mai sus de nivelul acoperișului. Are puțină importanță faptul dacă astfel de antene au forme de fir orizontal sau de tijă verticală, dacă sînt formate dintr-o sferă sau dintr-un coș metalic. Esențialul este că depășesc zona năpădită de paraziți. Curentul care ia naștere în antenă nu este în acest caz datorit decît emițătoarelor de radio și este ferit de orice impurificare de către paraziții industriali. Această puritate a curentului trebuie păstrată în drumul său spre receptor. Cu alte cuvinte, paraziții nu trebuie să ajungă la firul descendent al antenei care leagă receptorul cu colectorul de unde. În caz contrar, la ce-ar mai folosi captarea undelor acolo unde ele sînt pure, pentru a le impurifica apoi pe drumul prin zona năpădită de paraziți?

Încă o dată blindajul vine să soluționeze în mod fericit problema; datorită folosirii unui cablu coborîtor blindat, curentul ajunge neatins la recep-

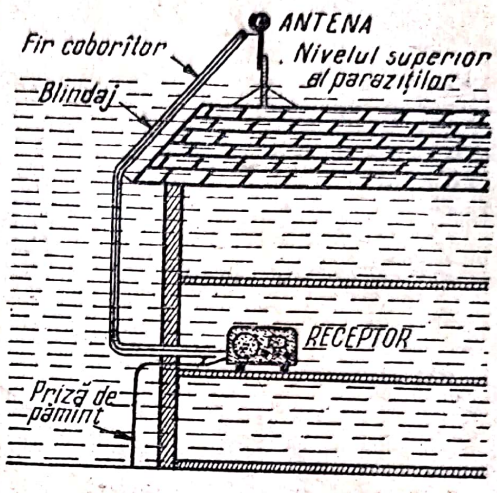


Fig. XXIX. Instalația unei antene antiparazite.

tor. Cablul coborîtor blindat este format dintr-un fir de cupru așezat într-un tub metalic suplu, cu un diametru sensibil mai mare, și menținut în axa blindajului cu ajutorul izolatoarelor dispuse la scurte intervale unul de altul. Blindajul nu trebuie să înconjure prea de aproape firul coborîtor, deoarece în caz contrar, capacitatea care se formează între ele duce la pierderi inadmisibile de curent de ÎF. Acest blindaj este legat bineînțeles la priza de pămînt.

Bine făcut, un astfel de montaj este foarte eficace contra paraziților industriali; dar el nu protejează contra perturbațiilor atmosferice a căror violență este din fericire mică, în afară de momentele de furtună.

EFECTUL DIRECTIV AL CADRULUI

În afară de anumite modele prevăzute pentru recepția undelor scurte, antena de recepție nu posedă un efect directiv. Cu alte cuvinte, ea recepționează undele indiferent din ce direcție vin ele.

Dar există şi alte colectoare de unde, cum sînt cadrele, care au un efect directiv pronunţat. Ce este un cadru? Este o bobină de diametru în general mare. Undele interceptate de spire generează tensiuni de ÎF. Aceste tensiuni sînt mai mari sau mai mici după orientarea cadrului în raport cu emiţătorul. Tensiunea este maximă cînd planul spirelor este orientat în direcţia emiţătorului; în acest moment emiţătorul se aude cu cea mai mare intensitate (fig. XXX). Dar învîrtind cadrul cu un unghi drept (90°) se provoacă stingerea audiţiei. Ea va fi mai mult sau mai puţin puternică în poziţiile intermediare. Cadrul este conectat la un receptor în locul bobinei circuitului de acord al intrării, adică în derivaţie cu primul condensator variabil (care serveşte atunci pentru acord). Puterea colectoare a cadrului creşte cu numărul de spire şi cu suprafaţa cuprinsă de fiecare spiră. Nu se poate mări după voie nici unul, nici altul din aceşti factori, pentru că aceasta ar conduce la o inductivitate prea ridicată pentru a permite un acord corect sau la un ancombrament neîngăduit.

Comparat cu antena, cadrul are o putere colectoare slabă. Dar ţinînd seama de sensibilitatea superheterodinelor actuale, acest fapt nu împiedică de loc folosirea curentă a cadrelor.

Efectul directiv al cadrului constituie, la rîndul său, în cele mai multe cazuri, un avantaj apreciabil. El îngăduie mai ales eliminarea unei bune părţi din paraziţi, şi anume a acelora care provin din direcţii în care recepţia este slabă sau nulă. Mai mult, din această cauză selectivitatea aparentă a unui receptor prevăzut cu un cadru este mărită. Dacă două emiţătoare care funcţionează pe frecvenţe vecine nu se află pe aceeaşi direcţie cu receptorul, orientăm cadrul spre acel din emiţătoare pe care dorim să-l ascultăm, acţiunea emiţătorului nedorit fiind atunci suficient de atenuată.

În sfîrşit, întrebuinţarea cadrelor permite determinarea poziţiei emiţătoarelor, operaţie cunoscută sub numele de RADIOGONIOMETRIE. Astfel, pentru a descoperi poziţia unui emiţător, se procedează la recepţia sa cu cadru din două puncte suficient de îndepărtate unul de altul. Se caută cu grijă direcţiile care dau intensitatea de recepţie maximă; acestea sînt, după cum am văzut, direcţiile în care după fiecare punct al recepţiei se află emiţătorul. Trasîndu-le pe o hartă, se găseşte la punctul lor de intersecţie poziţia emiţătorului (fig. XXXI).

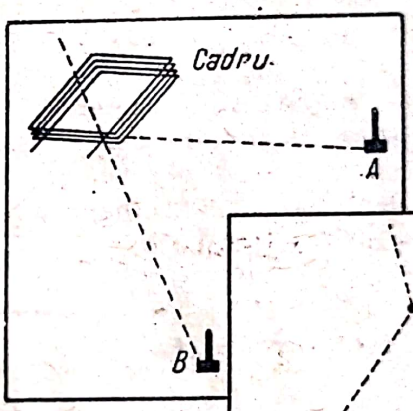


Fig. XXX. Cadrul orientat spre emiţătorul *A* va permite recepţia sa cu intensitate maximă, în timp ce emiţătorul *B*, găsindu-se pe direcţia perpendiculară, nu va fi recepţionat.

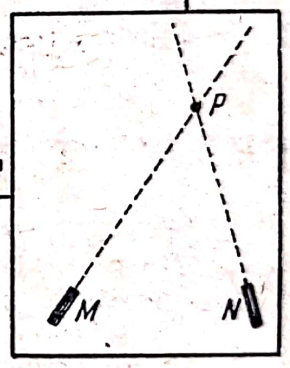


Fig. XXXI. Recepţia simultană cu cadrele *M* şi *N*, suficient de îndepărtate unul de altul, permit determinarea poziţiei emiţătorului *P*.

După acest sistem un vapor în larg sau un avion în zbor, emiţînd semnale de radio, face posibil să se determine poziţia sa exactă prin ridicări radiogoniometrice executate de două staţii terestre. Se înţelege marele ajutor pe care radioul îl aduce, datorită utilizării cadrelor, navigaţiei maritime şi aeriene, mai ales pentru pilotajul şi aterizarea fără vizibilitate.

CE VA ADUCE ZIUA DE MÎINE ?

Aceste cîteva rînduri oferă o scurtă privire asupra multiplelor aplicații ale radioului, care, departe de a se mărgini la transmiterea muzicii ușoare, a conferințelor educative, a informațiilor, asigură servicii importante, ca acel al orei exacte, al semnalelor de alarmă (SOS) sau al celor meteorologice.

În fiecare zi se lărgește domeniul de aplicare al radioului. Ieri el era rezervat încă transmiterii semnalelor Morse, apoi a sunetelor vorbirii și muzicii; undele sale transportă azi imaginile vii ale televiziunii.

Neținînd seama de timp și de spațiu, aceste unde vor crea mîine între popoarele globului legături de solidaritate indestructibile și înțelegere reciprocă? Ne vor pune ele apoi în legătură cu locuitorii altor planete? Radioelectricianul va fi el astfel meșterul apropierii cu adevărat universale?

Să sperăm...

Scanned with OKEN Scanner

TABLA DE MATERII

Convorbiri

Cui se adresează această carte? 3

Convorbirea 1. Electroni şi protoni. Curent. Tensiune. Intensitate. Rezistenţă. Legea lui Ohm. 7

Convorbirea a 2-a. Curentul alternativ. Cîmp magnetic. Inducţie. 12

Convorbirea a 3-a. Inducţia proprie. Inductanţă. Capacitate. Condensatoare 17

Convorbirea a 4-a. Încărcarea şi descărcarea. Capacitanţă. Impedanţă 21

Convorbirea a 5-a. Defazaj. Rezonanţă. Circuit oscilant 25

Convorbirea a 6-a. Acord. Selectivitate. Circuit de acord 30

Convorbirea a 7-a. Tuburile. Catodul. Anodul. Dioda. Grila. Trioda. Caracteristici 33

Convorbirea a 8-a. Curbele unui tub. Punct de funcţionare. Polarizare 38

Convorbirea a 9-a. Microfon. Curent de joasă frecvenţă. Oscilatorul local. Emiţătorul de radiotelegrafie. Modulaţia 42

Convorbirea a 10-a. Detecţia. Detecţia prin diodă, prin contact, prin curbura caracteristicii de placă .. 47

Convorbirea a 11-a. Amplificarea de ÎF şi JF. Cuplajul prin transformator. Alimentarea şi polarizarea tuburilor 51

Convorbirea a 12-a. Amplificatoare cu impedanţe; rezistenţe, inductanţe şi circuite oscilante. Detecţia „pe grilă" 56

Convorbirea a 13-a. Reacţia. Montajul Hartley. Cuplaje parazite. Ecranaj. Tetrode. Pentode 61

Convorbirea a 14-a. Alte cuplaje. Decuplaj. „Schema schelet" şi schema completă. Gamele de unde. Comutaţia 67

Convorbirea a 15-a. Alimentarea. Redresarea. Redresoare biplacă. Filtraj. Încălzire. Polarizare. Cazul curentului continuu 74

Convorbirea a 16-a. Interferenţa. Principiul superheterodinei. Montaje de schimbare de frecvenţă. Bigrila. Heptoda. Octoda 81

Convorbirea a 17-a. Frecvenţe-imagine. Preselecţie. Schema unei superheterodine. Difuzoare electromagnetice şi electrodinamice 88

Convorbirea a 18-a. Feding. Reglajul intensităţii. Tuburi cu pantă variabilă. Regulatoare antifeding. Indicator de acord 92

Convorbirea a 19-a. Benzi de modulaţie. Selectivitate şi muzicalitate. Filtre de bandă. Selectivitate variabilă 98

Convorbirea a 20-a. Schema completă a unei superheterodine. Analiza sa. Ultimele sfaturi..... 103

Comentarii şi completări

Aviz

1. Potenţial, conductoare, izolanţi. Curent electric. Volt, amper, ohm. Legea lui Ohm. Cele trei expresii ale legii lui Ohm. 109
2. Curent alternativ. Unde electromagnetice. Cîmp magnetic. Inducţia 111
3. Legea lui Lentz. Inducţia proprie. Reactanţa inductivă. Condensatorul. Capacitatea 113
4. Trecerea curentului alternativ printr-un condensator. Reactanţa capacitivă. Defazajul. Legarea impedanţelor. Impedanţe în serie. Impedanţe în paralel..... 115

5. Rezonanţa electrică. Descărcare oscilantă. Impedanţa unui circuit oscilant. Rezonanţa serie şi paralel 118
6. Formula lui Thomson. Selectivitatea. Acordul circuitelor. 120
7. Tuburi electronice. Catodul şi încălzirea sa. Dioda. Trioda. Panta. Factorul de amplificare. Rezistenţa internă. Relaţii între S, μ şi R_i 122
8. Curba caracteristică. Alte curbe. Determinarea grafică a lui S, μ şi R_i. Intrarea şi ieşirea unui tub. Polarizarea grilei 125
9. Microfonul. Modulaţia. Emisia 128
10. Casca. Detecţia. Detectoare. Detecţia pe placă 130
11. Amplificarea de înaltă frecvenţă şi de joasă frecvenţă. Transformatorul. Cuplajul prin transformator. Polarizarea automată. Separarea componentelor. Transformatoare de joasă şi de înaltă frecvenţă. Montajul în contratimp (push-pull). Diferite regimuri de amplificare 132
12. Cuplajele prin impedanţe. Amplificatorul cu rezistenţă. Amplificatorul cu inductanţă. Alte montaje cu impedanţă de cuplaj. Legătura diodei. Detecţia „pe grilă". Numărul etajelor de joasă frecvenţă 136
13. Reacţia. Detectoare cu reacţie. Cuplaje parazite. Ecranaj (blindaj). Tetroda. Emisia secundară. Pentoda 139
14. Cuplajul prin impedanţe comune. Decuplajul. Realizarea decuplajelor 143
15. Probleme de alimentare. Cazul reţelei de curent alternativ. Filtrarea. Condensatoare electrolitice. Încălzirea filamentelor. Cazul reţelei de curent continuu. Aparate de radiorecepţie „universale" 145
16. Amplificarea directă. Principiul superheterodinei. Schimbător de frecvenţă cu două tuburi. Tuburi multiple, oscilatoare-modulatoare. Amplificarea de MF. Reglaj unic 149
17. Frecvenţe-imagine. Frecvenţa intermediară ridicată. Difuzor electrodinamic. Condiţiile unei bune redări. Excitaţia difuzoarelor .. 153
18. Controlul automat al amplificării. Necesitatea unei comenzi manuale. Analogie hidraulică. Tuburile cu pantă variabilă. Funcţionarea dispozitivului de control automat al amplificării (CAA). Constanta de timp. Antifeding întîrziat. Reglaj tăcut. Indicator optic de acord 155
19. Diferite categorii de deformaţii. Benzile laterale de modulaţie. Muzicalitate şi selectivitate. Filtre de bandă. Selectivitate variabilă. Distorsiuni în partea de JF. Contrareacţia. Contrareacţia pe tubul final. Contrareacţiea cu corecţia tonalităţii 162
20. Paraziţi industriali. Antene antiparazite. Efectul directiv al cadrului Ce va aduce ziua de mîine? 167

Redactor-responsabil de carte: ing. Zaliş Henry
Tehnoredactor: Horowitz Strul

Dat la cules 01.07.59. Bun de tipar 01.08.59. Hîrtie cărţi şcolare de 65 gr./m². 70×100/16. Coli editoriale 12,73. Coli de tipar 10,75. Comanda 4601. A. 04120; E. 20.029. Indicele de clasificare pentru bibliotecile mari 621.396.62. Indicele de clasificare pentru bibliotecile mici 621

Tiparul executat sub com. nr. 90726 la Combinatul Poligrafic Casa Scînteii „I. V. STALIN", Bucureşti — R.P.R.

EDITURA TEHNICĂ

Lei 6.50

Scanned with OKEN Scanner